

Universidad Nacional de Rosario
Centro de Estudios Interdisciplinarios

Tesis de Maestría

*La Química Verde,
¿una herramienta para enfrentar los problemas ambientales?
Análisis de sus propuestas y bases teórico-epistemológicas a través
de las publicaciones científicas.*

Realizada por Juliana Huergo, Lic. en Biotecnología, para acceder al
título de Magister en Sistemas Ambientales Humanos

Dirigida por Santiago Bortolato, Dr. en Química
Codirigida por Nadia Peralta, Dra. en Psicología

Agradecimientos

Inicialmente, quiero agradecer a mi gran **familia** por acompañarme incondicionalmente en tantas idas y vueltas en este sinuoso camino que es la vida. Particularmente, con lo que respecta a esta etapa de la maestría, especialmente a mi madre y a mi tío, **Ana** y **Eduardo Druker**, les agradezco la paciencia para ayudarme y hacerme encariñar con las ciencias sociales.

Además a **Agustina Chirife** por enseñarme este camino y a mis bellas compañeras **Lidia Calderón**, **Érica Lugo**, y **Maricel Mazzola** gracias a quienes pude pasar este gran desafío en la mejor compañía. Particularmente, a lxs **docentes** de la maestría por darme en cada seminario, nuevas herramientas para la interpretación, la crítica y la creatividad; y lxs **colegas** de la cátedra, por habilitar la dialéctica y las nuevas propuestas.

Asimismo, en lo referente a este trabajo de tesis, no puedo dejar de mencionar a **Cristina Rodríguez**, **Pablo Faccendini** y **Emiliano Gavilán** por su colaboración en la revisión, en las cuestiones informáticas y emocionales.

Especialmente, les agradezco a mis directores **Santiago Bortolato** y **Nadia Peralta**, por hacer posible el sueño de hacer ciencia crítica y guiarme en este proceso que recién comienza.

Resumen

A partir de la consideración del Ambiente como un Sistema Complejo, cualquier intento de abordar la crisis ambiental en la que se encuentra nuestro planeta debe partir de diálogos de saberes, no sólo disciplinares sino también populares, acordando en posicionamientos éticos. Por esta razón, en este trabajo de tesis nos proponemos realizar un estudio para intentar discernir si la Química Verde, como propuesta científica, se aboca a la resolución de los problemas ambientales desde esta perspectiva. El objetivo general es describir la evolución de dicha propuesta en el período que va desde 2008 a 2015 y caracterizar su discurso a partir del análisis de las publicaciones científicas con el fin de identificar qué entiende la comunidad científica, concretamente, en las investigaciones de la Ciencia Química, por Química Verde y cuál es su posicionamiento epistemológico.

Para ello, describimos el surgimiento de esta propuesta científica y tecnológica, su historia y los doce principios que la definen. Además, desarrollamos nuestro marco teórico y discutimos sobre paradigmas epistemológicos, como punto de partida para analizar un acervo de publicaciones científicas seleccionadas en la plataforma digital *Science Direct* y en las revistas científicas con mayor índice de impacto. A partir de la estadística clásica descriptiva y del análisis multivariado de correspondencias múltiples analizamos la evolución de las publicaciones de cada revista y evaluamos el aporte de los autores y la coordinación entre países. Asimismo, caracterizamos las alternativas propuestas y evaluamos si son tenidas en cuenta las consideraciones crematísticas con el fin de discernir si existe un discurso unificado en la comunidad científica. Por otro lado, mediante el análisis en profundidad de ciertos artículos seleccionados, evaluamos los objetivos, la participación de diferentes disciplinas y la posible participación de otros saberes, los posicionamientos éticos e ideológicos y analizamos a qué paradigma científico responden.

Los resultados indicarían que el sistema productivo neoliberal globalizado no se cuestiona y tampoco se destacan discursos críticos al sistema científico. Es decir, lo que se sostiene y sobrevive en términos de producción científica, es lo que responde a los intereses de la industria. Además, encontramos que los científicos pertenecientes a disciplinas tradicionales de la Ciencia Química, tanto Analítica como Orgánica, modificando algunas prácticas tradicionales, siguiendo sólo algunos principios de la QV y con motivaciones crematísticas, publican en revistas de gran reconocimiento científico disciplinar haciendo alusión a la QV.

Llegamos a la conclusión de que la QV, en los artículos estudiados, no se enfrenta a la Crisis Ambiental Global, sino que se enfoca a ciertos Problemas Ambientales Locales de interés empresarial y que, en líneas generales, permite que las disciplinas tradicionales de la Ciencia Química (cuestionadas socialmente por ser generadoras de contaminación) logren sobrevivir en el sistema científico por mencionar en su discurso cierta conciencia ambiental.

Índice

Agradecimientos	II
Resumen	III
Índice	IV
Presentación	1
Organización general de la tesis	2
Introducción	3
Objetivos	9
Capítulo 1. Surgimiento y principales nociones de la Química Verde	10
1.1 Química Verde	10
1.1.1. Historia	10
1.1.2. Principios y filosofía	12
1.2 Marco teórico	22
1.2.1. Ambiente y Problemas ambientales	22
1.2.2. Desarrollo y Sustentabilidad	31
1.3 Desarrollo epistemológico	36
1.3.1. Paradigma crítico	36
1.3.2. Ciencia Posnormal	39
1.3.3. Aportes desde América Latina. Aspectos tecnogenológicos y evaluación multicriterio	40
Capítulo 2. Estrategia metodológica	43
2.1. Artículos, revistas y discurso científico	43
2.2. Bibliometría	44
2.3. Selección de artículos	44
2.4. Análisis estadístico	47
2.5 Análisis del discurso de publicaciones seleccionadas	48
Capítulo 3. Resultados	49
3.1. Caracterización de la muestra	49
3.1.1. Caracterización en función del tiempo y las revistas	49
3.1.2. Caracterización en función del aporte de los autores	51
3.2. Análisis estadístico	54
3.2.1. Matriz I	54
3.2.2. Matriz II	61
3.3. Análisis en profundidad los de artículos destacados	68
Discusión y conclusiones	78
Bibliografía	89
Apéndice	

Presentación

Durante el transcurso de mi carrera de grado, Licenciatura en Biotecnología, me encontré con docentes y científicos que trabajaban reproduciendo discursos y metodologías escasamente críticos. Asimismo, aquellos maestros críticos que sembraron la semillita en mi conciencia sufrían las consecuencias del sistema académico y científico debido a sus posicionamientos éticos e ideológicos. De todos modos, decidí darme una oportunidad el sistema científico nacional buscando un tema en el que la biotecnología aporta a los cuidados del ambiente. Desde adentro, pude verificar las motivaciones y la enorme cantidad de dinero que se invierte en investigación básica, en lo que algunos llamaban “lo publicable”. Mis cuestionamientos me llevaron a distanciarme de ese tipo de trabajo experimental, apostar a la docencia y a la búsqueda de una formación de posgrado crítica. En la cátedra de Química de Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura y en la carrera de la Maestría de Sistemas Ambientales Humanos del Centro de Estudios Interdisciplinarios de la Universidad Nacional de Rosario encontré los espacios fértiles para explorar críticamente la docencia y la investigación.

En la carrera de posgrado mencionada, el profesor Walter Pengue nos presentó la diferencia entre la economía marrón, la verde y la ecológica. Dicho planteo me llevó inmediatamente a formular preguntas sobre la Química Verde.

Asimismo, esta iniciativa me condujo a la búsqueda de directores que compartan las motivaciones críticas y que pudiese guiarme en los aspectos metodológicos. Es por ello que junto a Nadia Peralta y Santiago Bortolato pudimos formular una hipótesis y desarrollar la estrategia para evaluar críticamente una porción de la producción científica de la Química Verde.

Mi principal interés consiste en llevar las conclusiones de esta tesis (y quizá otras futuras) a la docencia, pues es con los jóvenes con quienes podremos cuestionar el sistema científico y buscar alternativas tecnológicas acordes a nuestro ambiente, entendiendo a éste como un sistema complejo.

Organización general de la tesis

Este trabajo de tesis se da inicio con una **introducción** general sobre el contenido de la misma. A continuación, presentamos los objetivos.

Seguidamente presentamos el **capítulo 1**, en el que mostramos el marco teórico de la misma, subdividido en tres grandes partes. Allí, en primera instancia, se hace referencia a la Química Verde como disciplina derivada de la Ciencia Química, su historia, fundamentos y principios. Después se desarrollan los conceptos necesarios de definir en nuestro marco teórico. A saber, términos como ambiente, problemas ambientales y sustentabilidad. Luego realizamos un desarrollo epistemológico, las ciencias analíticas y el paradigma crítico.

Posteriormente, en el **capítulo 2** describimos los aspectos metodológicos, tales como el análisis bibliométrico, mediante la estadística clásica y multivariada y el análisis en profundidad. Además, explicamos qué tipo de artículos seleccionamos y cuáles fueron los criterios de selección.

En el **capítulo 3** mostramos los resultados obtenidos. Este capítulo cuenta con tres secciones, una caracterización de la muestra mediante un análisis estadístico clásico descriptivo acerca de las publicaciones anuales, discriminado por revista y sobre la participación de los autores y sus países de origen; el análisis estadístico de dos matrices construidas a partir de la información presente en las publicaciones (para cada matriz, presentamos un análisis clásico y uno multivariado); el análisis del discurso en profundidad realizado en ocho artículos seleccionados.

Finalmente se presenta el cierre de esta tesis mediante una **discusión y conclusiones**, seguida de las **referencias bibliográficas** y por último un **anexo** con otros resultados de interés.

Introducción

La Química Verde (QV en adelante) inicialmente fue postulada como una propuesta de modificación de las prácticas químicas, tanto científicas como industriales, en miras de mejorar el cuidado del ambiente. Luego de varios intentos, recién en 1998 fue definido su marco conceptual mediante la publicación de sus principios regidores.

El presente trabajo de tesis aborda una selección de producciones científicas sobre QV relevadas a través de un buscador de publicaciones arancelado, *Science Direct* (SD en adelante). Dicha selección reúne las revistas científico-académicas más reconocidas en ambos hemisferios. Nuestro interés reside en analizar las producciones científicas una vez conformada y legitimada la QV por la comunidad científica. Para ello, realizamos un estudio bibliométrico y un análisis del discurso con el fin de identificar en cada publicación qué entiende la comunidad científica, en los hechos, concretamente, en las investigaciones de la Ciencia Química, por QV y cuál es su posicionamiento epistemológico, en el periodo que va desde 2009 hasta 2015.

Cabe destacar que, las publicaciones científicas representan, en gran medida, el discurso científico reconocido hegemonícamente, por ser éstas validadas a través de un sistema de reconocimiento interno que otorga legitimidad a las publicaciones que se difunden. Ciertamente, uno de los criterios de validación de los contenidos publicables en dichas revistas consiste en la evaluación de los productos publicables por parte del cuerpo de profesionales científicos y a través de pautas acordados por la propia comunidad científica. En este sentido, los artículos y revistas que conformaran la muestra en estudio pueden ser tomados como productos legitimados y validados en el área del saber que se aborda en esta investigación y como productos esenciales de divulgación de los saberes en torno a la QV que intentamos problematizar. Además, el análisis de las publicaciones nos permite revisar la producción discursiva de la comunidad científica en un momento determinado (Nicolás y Saperas, 2015).

En este punto, es necesario aclarar qué entendemos por “comunidad científica”. Para este fin recurrimos a Kuhn (1971, 1975) quien menciona que en dicha comunidad identificamos a quienes adscriben a una determinada especialidad científica, tienen un lenguaje común, se perciben a sí mismos y son percibidos por la sociedad como los responsables de la investigación y la producción de conocimientos y la formación en un ámbito del saber. Sin embargo, cabe destacar que, según Varsavsky (1972), la misma se caracteriza por poseer una legitimidad, que es otorgada a los científicos por los consejos de política científica de cada país, aunque la misma no sea reconocida por el conjunto de la población. Este autor, también remarca la dependencia de la comunidad científica respecto a las vinculaciones internacionales, la ilusoria libertad de investigación en que se encuentra, debido a su propia necesidad de conseguir fondos de financiamiento y reproducir los

modos que le garantizan su propia legitimación.

En este sentido, al analizar el discurso de la comunidad científica de la QV, estaríamos analizando las líneas de investigación legitimadas en cada país. De este modo, nos proponemos analizar la existencia de vinculaciones internacionales o la alternativa de una autonomía regional en las propuestas científicas.

Además, uno de nuestros puntos de partida es que la QV fue definida como una Química que busca la sustentabilidad de los avances científicos y sus aplicaciones mediante la práctica de procesos amigables con el ambiente y económicamente redituables (Morales Galicia y col., 2011). Asimismo, otra consideración que tenemos es que el adjetivo *verde* remite a la conciencia y la responsabilidad de la Química con respecto a la generación de contaminación (Casullo, 2014). Entonces, el análisis mencionado, permitiría indagar acerca de los lineamientos científicos en pos de la sustentabilidad y qué se interpreta por responsabilidad y conciencia respecto de la contaminación.

Por otro lado, si por ambiente se entiende un sistema complejo, conformado por componentes sociales, económicos y naturales¹, donde los problemas ambientales no pueden abordarse desde una sola disciplina, cabe preguntarse ¿cómo se articula la química, disciplina que nutre a la industria y que promueve el crecimiento económico, con los problemas sociales y del soporte natural? ¿La QV surge como una herramienta para disminuir la in-sustentabilidad del sistema? ¿Supera las limitaciones disciplinares articulando con otras áreas del saber científico y con saberes de otros sectores de la sociedad?

Ahora bien, con estos interrogantes en el horizonte de indagación, consideramos que un estudio bibliométrico nos puede brindar datos estadísticos para describir la evolución de esta disciplina e inferir un diagnóstico inicial acerca del desarrollo de técnicas de la QV y sus argumentaciones para aplicarla, las menciones a sus principales aportes, sus referencias y el crecimiento del número de miembros de la comunidad científica que abona a su producción (Carrizo Sainero, 2000).

A su vez, el análisis en profundidad de algunos artículos publicados en las revistas científicas nos permite además de obtener información acerca de la utilización de términos formulados en el marco de la QV, realizar inferencias para caracterizar las ideas y posiciones en torno a la “conciencia ambiental” y a la “sustentabilidad” que promueve esta disciplina (Michinel y D'Alessandro Martínez, 1994).

De esta manera, con un análisis multidimensional nos proponemos identificar los posicionamientos epistemológicos, éticos, ideológicos y de paradigmas implícitos y explícitos en dichas publicaciones, con el objetivo de caracterizar los propósitos de la QV.

Además, consideramos el antecedente del surgimiento de cierta conciencia ambiental, que

¹ La discusión sobre la definición de ambiente se desarrollará en capítulos posteriores.

promovió la QV dentro en el marco una comunidad científica determinada, cuya andadura comenzó a evidenciarse a partir de la década '80 (Linthorst, 2010). Asimismo, respecto a la noción de “conciencia ambiental”, en el marco de la comunidad científica de la química, ésta surge como consecuencia de la posibilidad de conocimiento de los mecanismos de acción de las sustancias químicas contaminantes del ambiente (Yarto y col., 2004).

Luego, a partir de esta nueva información, se produjeron cambios regulatorios en los ámbitos político-estatales a nivel internacional, que tuvieron repercusiones normativas tendientes a controlar la contaminación generada por la industria que hasta ese momento liberaba todo tipo de contaminantes en suelo, agua y aire. De este modo, con el avance de la normativa a nivel internacional y, con su implementación en algunos Estados nacionales en particular, se generaron límites a los índices de emisión de contaminantes en el ambiente. Este proceso se inició en EE. UU. mediante la Ley Nacional de Política Ambiental sancionada en el año 1969² y posteriormente fue replicándose en otros países. Finalmente, hacia la década del '90 desde este país pionero se definió nueva política económica frente a los problemas de la contaminación pues habían cobrado relevancia los intereses de índole crematísticos. Así fue como en 1993 la Agencia de Protección Ambiental (EPA), desde su área de prevención de la contaminación y toxinas, acuñó la noción de "Química Verde". Asimismo, los científicos estadounidenses, Paul Anastas y John Warner, en 1998 publicaron el libro pionero, “*Química Verde: Teoría y Práctica*”. Allí enunciaron los doce principios de la QV, que definieron las bases teóricas por medio de la cual los científicos académicos e industriales comenzaron a modificar sus prácticas y lo manifestaron en distintos informes y publicaciones. Estos son:

1. Prevención de la producción de un residuo
2. Economía atómica
3. Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida
4. Generar productos eficaces pero no tóxicos
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares
6. Disminuir el consumo energético
7. Utilización de materias primas renovables
8. Evitar la derivatización innecesaria
9. Potenciación de la catálisis
10. Generar productos biodegradables
11. Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real
12. Minimizar el potencial de accidentes químicos.

² En 1969, el Congreso de EEUU reconoció la importancia de la cuestión y aprobó la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA). El objetivo de la ley, pionera en su clase, era "crear y mantener condiciones en las que pueden existir hombre y la naturaleza en armonía productiva", y llamó a un Consejo Presidencial para la Calidad Ambiental (EPA, 1992).

Hasta aquí hemos realizado una síntesis del recorrido cronológico para situar el surgimiento de la QV y relevar las determinaciones a través de las cuales ciertos Estados o comunidades de Estados desarrollados, junto con las industrias vernáculas se abocaron a la reducción del monto de las inversiones para el control de la contaminación, y para observar de qué manera los saberes de la comunidad científica se relacionan con esta tendencia y contribuyen a definir políticas ambientales. En esta articulación de intereses, históricamente, se han dejado de lado a los problemas sociales y el impacto de la contaminación en los colectivos humanos concretos.

Por otro lado, destacamos a los científicos Funtowicz y Ravetz (1994) quienes definieron conceptualmente una ciencia en la que se distingue la importancia de la participación ciudadana para resolver los problemas ambientales a la que llamaron Ciencia Posnormal. Asimismo, dichos autores sostienen que la ciencia evoluciona respondiendo a los desafíos principales de cada época. Además, enuncian que en la actualidad los problemas más grandes de la humanidad conciernen a los problemas de riesgo ambiental global y a los de equidad entre los pueblos, reconociendo la interdependencia de los pueblos y la vinculación entre regiones de nuestro mundo globalizado.

En este sentido, la racionalidad científica de un desarrollo sustentable es actualmente cuestionada debido a que ha comenzado un confrontamiento basado en el manejo de los recursos naturales en contraposición del discurso ideológico del desarrollo sustentable orientado a mantener el funcionamiento del modo productivo capitalista globalizado (Fernández, 2000).

Por todo lo aquí mencionado, los discursos puede clasificarse en tres categorías basadas en los paradigmas científicos, los aspectos económicos, éticos e ideológicos. En un extremo, están aquellos que responden al modelo productivo de crecimiento continuo de la economía del sistema capitalista neoliberal globalizado, el que llamaremos de “Desarrollo Insustentable”. Por otro lado, encontramos quienes promulgan la Economía Verde como una alternativa amigable con el ambiente del “Desarrollo Sustentable”. Finalmente, en el otro extremo están aquellos que cuestionan el modelo de producción de crecimiento de la economía ilimitado, que explota al hombre y a la naturaleza en pos del enriquecimiento de unos pocos. Estos tres tipos de discursos están descritos en detalle en el capítulo donde desarrollamos el marco teórico (Capítulo 1.2) y son la base para realizar el análisis en profundidad de los artículos seleccionados.

En esta instancia, cabe preguntarse qué entendemos por sustentabilidad, desarrollo sustentable o sostenible. Para ello recurrimos a los conceptos de Gilberto Gallopin (2003) quien describe que la calificación “sostenible”, proveniente de la biología, por lo que este tipo de desarrollo se basa en la posibilidad de extraer recursos renovables concebida dentro de la tasas de renovación y reproducción. Vemos entonces que se incorpora una dimensión ambiental que excede al marco conceptual del desarrollo convencional, postulando que el desarrollo debe ser orientado a la

satisfacción de las necesidades humanas, y se extiende un compromiso a las generaciones futuras; se admite la existencia de límites, pero se aclara que es orientado al crecimiento económico. Así es que se postula un mutuo condicionamiento entre la economía y la ecología, entre el crecimiento y la conservación. Sin embargo, aquí se origina una contradicción debido a que nada físico puede crecer ilimitadamente. Y surge una nueva definición, que implica no rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas. Por lo tanto, surge un nuevo reclamo que implica cambios en la ética. Es decir, reconocer que “el desarrollo tiene una base ideológica, indica que en la formulación de alternativas se deberá poner esto en discusión” (Gugynas, 2012).

Entonces, si consideramos que la QV se presenta como una herramienta hacia la sustentabilidad (Contreras, 2011), cabe preguntarse qué posicionamiento explicitan sus científicos en cuanto a ese concepto desde el punto de vista ético e ideológico y si se posicionan coherentemente respecto de sus posicionamientos epistemológicos. La estrategia propuesta para arribar a dicha caracterización es mediante el análisis de contenido. Este se fundamenta en considerar a la lectura como instrumento de recogida de información, lectura que a diferencia de la lectura común debe realizarse siguiendo el método científico, por ser sistemática, objetiva, replicable, y válida (Abela, 2002). Esta estrategia exige una recopilación de datos que permite obtener información o tendencias contenidas en ellas, con el propósito de estudiar ideas, significados, temas o frases, y no las palabras o estilos con las que éstas se expresan (Michinel y D'Alessandro Martínez, 1994). Además recurrimos a la Bibliometría, definida como un método o conjunto de métodos para evaluar la investigación científica (Carrizo Sainero, 2000) para caracterizar estadísticamente las publicaciones científicas de QV más reconocidas del último período. Según Rojas-Sola y de San Antonio Gómez (2010) la Bibliometría es una herramienta de utilidad para el diseño estrategias políticas y para diseñar nuevas líneas de actuación en política científica.

A partir de estas consideraciones, en esta tesis desarrollamos un análisis de artículos científicos publicados en revistas de alto impacto, evaluadas mediante referato en SD, la base de datos más reconocida por la comunidad científica.

En este trabajo de tesis, el estudio bibliométrico cuenta con dos instancias. Por un lado, realizamos un análisis estadístico multidimensional mediante un Análisis de Datos Multivariados, que tiene por objetivo el estudio de las diferentes variables medidas en elementos de una población (Moscoloni, 2005). En nuestro caso, la población de interés es el corpus de publicaciones seleccionadas y las variables utilizadas se dividen en dos grupos, con los que construimos dos matrices de datos. Por un lado, un grupo de variables caracteriza las propuestas técnicas de la QV y por otro, los argumentos que acompañan su implementación. Asimismo, nos proponemos evaluar cuáles son las alternativas o principios de la QV que más son utilizados, interpretar qué seres o sistemas les interesa a los investigadores proteger, es decir, cual es su conciencia ambiental, y

finalmente, cuál es su nivel o grado de compromiso con el cambio propuesto.

Por otro lado, realizamos un análisis estadístico clásico, con el fin de caracterizar la tendencia de impacto de la QV, analizarla evolución de las publicaciones en el período de estudio, realizar consideraciones por subdisciplinas (química orgánica, analítica, etc.) y revistas. Además, evaluamos el aporte de los miembros de la comunidad científica que abona a su producción.

También realizamos un análisis en detalle de casi la mitad de las publicaciones a fin de analizar las publicaciones provenientes de diferentes países, la cooperación entre países e instituciones y las aplicaciones a otras disciplinas y la participación de empresas privadas. Los resultados de este estudio se presentan en el apéndice de esta tesis.

Por último, seleccionamos ocho artículos destacados para realizar un análisis des discurso en profundidad.

A partir de los datos relevados nos abocamos a responder los siguientes interrogantes con el fin de hacer inferencias en torno al proceso de consolidación de la QV, así como para identificar cambios en su desarrollo.

- ✓ ¿Qué muestran las estadísticas del estudio bibliométrico?
- ✓ ¿Existe acuerdo en la comunidad científica en cuanto al significado de QV?
- ✓ ¿Hay coherencia interna en cuanto a las propuestas de la QV?
- ✓ ¿Existe una voz oficial/una propuesta hegemónica/un discurso oficial respecto a la QV?
- ✓ ¿Qué entiende la QV por “conciencia ambiental”?
- ✓ ¿Qué tipos de respuestas ofrece la QV frente a la crisis ambiental?
- ✓ ¿Se superan las limitaciones disciplinares mediante la articulación entre instituciones?
- ✓ ¿Predomina la cooperación internacional o las publicaciones regionales?
- ✓ ¿Cuál la ideología, la ética y el paradigma en la QV?

Objetivo general

Describir la evolución de la QV en el período que va desde 2008 a 2015 y caracterizar su discurso a partir del análisis de las publicaciones científicas con el fin de identificar qué entiende la comunidad científica, concretamente, en las investigaciones de la Ciencia Química, por QV y cuál es su posicionamiento epistemológico.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la tendencia de impacto de la QV. Analizar las menciones a sus principales aportes, evaluar el crecimiento de las publicaciones, los aportes de los miembros de la comunidad científica que abona a su producción y caracterizar la articulación de la Química con otras áreas del saber científico y con otros saberes.
2. Evaluar la utilización de los 12 principios de la QV. Analizar si existe un acuerdo en la comunidad científica en cuanto al significado de QV, si hay coherencia interna en cuanto a las propuestas de la disciplina QV, si existe una voz oficial/una propuesta hegemónica/un discurso oficial respecto a la QV.
3. Identificar qué tipos de respuestas ofrece la QV frente a la crisis ambiental. Analizar las alternativas propuestas, la posibilidad y el compromiso de aplicarlas, si son de índole crematística y si implican aspectos relacionados con la sustentabilidad.
4. Analizar el discurso científico. Evaluar los objetivos plasmados en las publicaciones científicas, discriminar los posicionamientos éticos e ideológicos y analizar a qué paradigma científico responden los artículos

Capítulo 1. Genealogía del surgimiento de la Química Verde y sus principales nociones

1.1. Química Verde

1.1.1. Historia

La conciencia ambiental dentro de la comunidad científica, específicamente de la Ciencia Química, comenzó a evidenciarse a partir de la década '80. Según Linthorst (2010), en las publicaciones científicas de entonces, se utilizaban términos como “química limpia”, “química ambiental”, “química verde”, “química benigna” y “química sostenible”. Según ese autor, dichos términos no fueron claramente definidos ni consensuados, de hecho, aún son hoy objeto de intensos debates en la comunidad científico-académica. Entre estos, la “química verde” se ha convertido en el término más popular en los artículos científicos estudiados por Linthorst (2010).

Al respecto del desarrollo de la **química verde**, este autor sostiene, mediante un estudio bibliométrico, que desde 1998 y en los siguientes diez años, su utilización en las publicaciones científicas ha crecido cuantitativamente en forma lineal, tal como puede verse en el siguiente gráfico³.

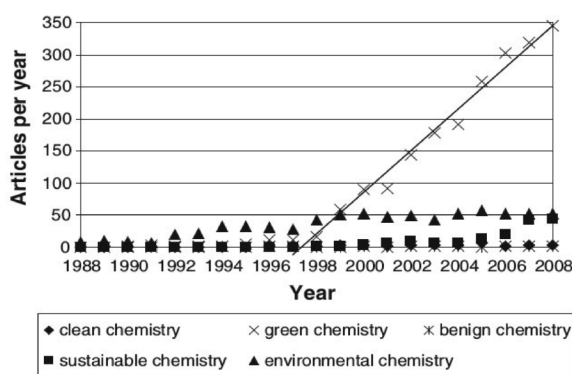


Figura 1. Gráfica extraída de Linthorst (2010). Se muestra la evolución del uso de diferentes términos que califican a la química con una conciencia ambiental.

Ahora bien, con respecto a la noción de **conciencia ambiental**, en el marco de la comunidad científica de química, surge como consecuencia de la posibilidad de conocimiento de los mecanismos de acción de las sustancias químicas contaminantes del ambiente (Yarto y col., 2004). Anteriormente, se pensaba que la disminución de la concentración de los contaminantes en el medio era una solución suficiente para reducir los efectos estas sustancias. Esto es conocido como “la dilución de la contaminación en la solución” (Anastas, 1998, en Yarto y col., 2004).

Entonces, a partir de esta información, se produjeron cambios regulatorios en los ámbitos

³ Linthorst (2010) muestra el incremento del uso de los términos con conciencia ambiental en los títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos publicados entre 1988 y 1998 en el buscador Web of Science. El más popular entre ellos es “química Verde”. El texto que describe la figura es el siguiente: “The use of environmentally conscious terms in titles, abstracts and keywords of articles over the 1988–2008 period. Source: ISI Web of Knowledge: Web of Science”. Los términos utilizados son (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): química limpia, química verde, química benigna, química sustentable y química ambiental

político-estatales a nivel internacional, que tuvieron repercusiones normativas tendientes a controlar la contaminación generada por la industria que hasta ese momento liberaba todo tipo de contaminantes en suelo, agua y aire. De este modo, con el avance de la normativa a nivel internacional y, con su implementación en algunos Estados nacionales en particular, se generaron límites a los índices de emisión de contaminantes en el ambiente. Este proceso se inició en EE.UU. con la Ley Nacional de Política Ambiental sancionada en el año 1969⁴ y la creación de la *Agencia de Protección Ambiental* (EPA) en el año 1973. Con el tiempo, estas iniciativas fueron replicándose en diferentes países y regiones del mundo. Por ejemplo, en 1967 se aprobó la primera Directiva de carácter ambiental en la Comunidad Europea; luego en 1990 se creó La *Agencia Europea de Medio Ambiente* (AEMA), organismo dependiente de la Unión Europea⁵. De igual modo, en Sudamérica, en la década del setenta, comenzaron a formarse órganos estatales para el cuidado del ambiente y se formularon las primeras leyes relacionadas. Algunos ejemplos son el de Argentina, donde se creó la *Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano* en 1973, mientras que Brasil creó la *Secretaría Especial de Medio Ambiente* (SEMA), dependiente del Ministerio del Interior, en el mismo año (Acuña, 1999).

Posteriormente, se profundizaron algunas normativas que se propusieron regular los factores económicos asociados a esta creciente “conciencia ambiental”. Un ejemplo de esto es la *Ley de Prevención de la Contaminación*, promulgada en EE. UU., en 1990, que intentó regular la contaminación y abordar la prevención como una estrategia para hacer redituables los asuntos ambientales (United States Environmental Protection Agency, EPA, 1990). En este marco se produjeron hallazgos que permitieron definir esta nueva política económica frente a los problemas de la contaminación cobran relevancia los intereses de índole crematísticos:

“EE. UU. produce millones de toneladas de contaminantes y gastan decenas de billones de dólares por año controlando los contaminantes. [...] Este cambio ofrece ahorros en la reducción de materia prima, control de la contaminación y ayuda a proteger el ambiente, reduce los riesgos de la salud y la seguridad de los trabajadores” (EPA, 1990, s/p).

Asimismo, en 1996 se aprobó la nueva Ley 5940/1996 de la Comunidad Europea, la que se aboca a incidir sobre la prevención y al control integrado de la contaminación, estableciendo medidas para evitar, o al menos reducir, las emisiones de estas actividades en la atmósfera, el agua y

⁴ En 1969, el Congreso de EEUU reconoció la importancia de la cuestión y aprobó la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA). El objetivo de la ley, pionera en su clase, era "crear y mantener condiciones en las que pueden existir hombre y la naturaleza en armonía productiva", y llamó a un Consejo Presidencial para la Calidad Ambiental (EPA, 1992).

⁵ La labor de AEMA consiste en ofrecer información sólida e independiente sobre el medio ambiente. Es la fuente principal de información para los responsables del desarrollo, la aprobación, la ejecución y la evaluación de las políticas medioambientales, y también para los ciudadanos. Tiene 32 países miembros. El reglamento con el que se crea esta agencia fue adoptado por la Unión Europea en 1990 y entró en vigor a finales de 1993, inmediatamente después de que se decidiera establecer su sede en Copenhague. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España).

el suelo.

Por su parte, Kenneth G. Hancock, director de química de la Fundación Nacional de Ciencia (NSF) de EEUU entre 1990 y 1993, promovió la articulación entre la política y la ciencia. En ese periodo, realizó un llamado para abogar públicamente este enfoque del cuidado del ambiente como una estrategia económicamente viable hacia la comunidad científica. Así fue que los químicos en todo el mundo acordaron en que se podría revertir la tendencia industrial, orientada hasta el momento hacia el deterioro del medio ambiente. Luego, en 1993 la EPA, desde su área de prevención de la contaminación y toxinas, acuñó la noción de "Química Verde" e implementó un programa basado en la colaboración entre el gobierno, la industria y el mundo académico, para el diseño y procesamiento de sustancias que disminuyan el impacto ambiental (American Chemical Society, 2015).

Por otro lado, el científico estadounidense, Paul Anastas, consideró que era necesario tomar acciones para prevenir estos gastos desde el diseño mismo de los procesos, pues cuanto más peligroso es un residuo, más caro se hace disponer de éste de manera adecuada (Anastas, 1998 en Yarto y col., 2004). Así fue, que en 1998, junto a John Warner, publicaron el libro pionero, *Química Verde: Teoría y Práctica*, en el que se presentan los 12 principios regidores de la QV. Asimismo, con estos principios, Warner identificó a “la química verde como un campo científico para distinguirla de los movimientos políticos y sociales” (Warner en Sanderson, 2011, s/p). Esta distinción caracteriza una lógica de resolución de problemas focalizados en intereses crematísticos más que en los colectivos humanos.

1.1.2. Principios y Filosofía

A continuación se describe la propuesta de Anastas y Warner en su libro pionero (1998). Para ellos la QV se presenta como un modo particular de prevenir la contaminación. Es decir, el punto de partida es la premisa “prevenir es mejor que curar”, como una analogía a la medicina preventiva. Además, ésta es una propuesta de una metodología fundamental, que cambia la naturaleza intrínseca de un producto o proceso, de modo tal de que sea inherentemente de menor riesgo para la salud humana y el ambiente⁶. Esto implica el diseño o rediseño tanto de un producto químico como de una síntesis química, con el fin de prevenir la contaminación y, de este modo, solucionar problemas ambientales.

Históricamente, los químicos sintéticos u orgánicos (quienes se dedican a sintetizar compuestos) no consideraban la importancia de las consecuencias negativas de su trabajo sobre el ambiente. Entonces, en un proceso, los problemas se detectaban al final de una línea de producción, como ser,

⁶ Cabe destacar que Anastas y Warner desde el origen de la QV tienen una visión antropocentrista, en la que separan al “hombre del ambiente”, lo que se discute más adelante.

en la generación de residuos. Así es que, el objetivo de los químicos sintéticos era el de generar compuestos con el menor costo y el mayor rendimiento. En esta propuesta original, la QV le otorga un rol central en la prevención a la síntesis química, en contraste con lo que conocemos como control en el final de la línea, que implica sólo un monitoreo en las etapas finales de un proceso, para indicar la necesidad de tratamiento. Es decir, la reducción es en el origen, durante la manufacturación.

En la actualidad, los costos de un producto químico, además de considerar la materia prima y el equipamiento, incluyen los costos de las regulaciones obligatorias, es decir, disposición final de residuos, de riesgo o responsabilidad, tratamiento. Esto ha incrementado los valores, según los autores, a niveles no razonables. Por lo que los químicos, con esta metodología, tienen la posibilidad de disminuir los costos rediseñando los productos y los procesos. Entonces, el objetivo de la QV es diseñar metodologías que disminuyan o eliminen el uso o generación de sustancias tóxicas. Es decir, la QV conlleva a la producción más efectiva en términos de costos. A continuación veremos cómo estos autores definieron a la QV en su libro pionero.

Los autores sostienen que la QV es una química sintética benigna, con vías sintéticas alternativas para la prevención de la contaminación, es benigna por el diseño. Además, la QV es una química que utiliza una serie de principios que reducen o eliminan el uso o la generación de sustancias peligrosas tanto en el diseño como en la manufactura y aplicación de sustancias químicas. Por otro lado, alegan que no es algo complicado, de hecho, a veces es elegante, aunque reconocen que puede contener cierto riesgo discreto. Asimismo, apunta al incremento (como siempre ha sido en la industria) de la eficiencia, tanto en términos de calidad como en términos económicos.

En esta instancia, destacamos cuáles fueron los posicionamientos éticos relacionados con esta definición. Los autores realizan una analogía con el juramento Hipocrático de los médicos. Es decir, los químicos sintéticos deben, en un principio, no hacer daño. Esto es, incorporar las precauciones hacia el cuidado de la salud humana y del ambiente en el diseño de nuevas metodologías. Así es como acudieron a la responsabilidad científica e industrial, debido a que los químicos poseen conocimientos acerca de la manipulación molecular y cómo ésta puede afectar a la salud humana y al ambiente. En otras palabras, este conocimiento juega un rol central como contraposición con el hábito popular de culpabilizar al mal uso de la química por parte empresarios y de la industria. Esta es la oportunidad que habilita la QV.

Por un lado, se deben tener en cuenta la inmensa cantidad de datos toxicológicos disponibles, y evaluarlos en términos de exposición, destino, transporte. Sin embargo, aquí es necesario dar cuenta de que hay disponible información de miles de sustancias pero es un porcentaje ínfimo de los millones de compuestos que se conocen en la actualidad. Por otro lado, deben considerarse el riesgo

y la incertidumbre, tal como los efectos crónicos, los sinérgicos y la bioacumulación. Consecuentemente, se puede llegar a detener una aplicación o se puede asumir el riesgo de la liberación de contaminantes y las incertidumbres relacionadas. Sin embargo, destacan los autores que, como toda ciencia, la QV articula con el estado actual de conocimiento, intentando minimizar el peligro de los compuestos cuya información se contenga.

De esto se desprende una consigna moral, “los químicos deben tratar de trabajar del modo más benigno posible para reducir los riesgos”. Cabe aclarar, que históricamente se instaba a disminuir el control de exposición, según la premisa de que cada riesgo en función del peligro intrínseco y de la exposición al mismo⁷. En contraposición, los ideólogos de la QV indican que la manera de hacer química es mejorando la eficiencia de los procesos y las metodologías. De este modo, ellos sostienen que es una premisa ética, no de un intento de mejora. Además, en QV las consideraciones de “benigno para el ambiente” reemplazan a las de antaño, en las que se sostenía cierto grado de “riesgo aceptable”. Dicho de otro modo, en QV se apunta a la reducción del riesgo pues se apunta a eliminar o disminuir el uso o generación de sustancias peligrosas mediante la optimización de la eficiencia de los procesos químicos.

Por otro lado, y no menos importante, a la vez que se reducen los riesgos, se producen beneficios económicos, tal como la posibilidad de incluir materia prima de menor costo, mayores tasas de inversión, menores tiempos de reacción, mayor selectividad mejorar las separaciones, menores requerimientos energéticos.

Ahora bien, es necesario destacar quiénes son los actores a los que se quiere atender con esta propuesta. Nos referimos a los químicos que participan exclusivamente en la ciencia y en la industria química. Es a ellos a quienes se dirige esta propuesta de QV, la de disminuir los costos de tratamiento o disposición de contaminantes, por la simple acción de disminuir o eliminar el uso o la generación de sustancias peligrosas.

Para concluir, recordamos que en el pasado, las acciones referidas hacia la contaminación se remitían al control de concentraciones y caracterización de ciertas sustancias liberadas al ambiente. En la actualidad la QV otorga una alternativa en la que se modifica la naturaleza intrínseca de las sustancias con el fin de eliminar o reducir el peligro. Esto se logra, por ejemplo, cambiando la síntesis pero llegando a un mismo producto, y aun reduciendo o eliminando materias primas tóxicas, sub-productos y residuos; o modificado el producto de modo de que mantenga la función de interés pero se reduzca su toxicidad.

A continuación describimos las alternativas que propone la QV.

i) Materia prima alternativa.

⁷ El Riesgo es una función del Peligro y la Exposición.

La materia prima alternativa es aquella que utilizan los químicos sintéticos, quienes se dedican a la síntesis química, para trasformarla en un producto deseado. Luego, la selección de una determinada materia prima define el proceso sintético a seguir. Además, esta elección debe realizarse no sólo en pos de una mayor eficiencia para la transformación, sino en términos de los efectos que pueden producirse en el ambiente y a la salud. Por ejemplo, utilizar los desechos de la papa para la producción de ácidos o ésteres en lugar de tomar como materia prima al petróleo. Por otro lado, también se sugiere el reemplazo de ciertos metales pesados típicamente utilizados en la oxidación del petróleo. Dado que estos elementos son tóxicos y cancerígenos, la QV impulsa el reemplazo de su uso por luz visible, que cumple con las mismas funciones.

ii) Reactivos alternativos.

Luego de la elección de la materia prima, se realizan una serie de transformaciones químicas consecutivas. En cada paso se necesita un reactivo diferente, por ello, la QV considera cruciales los criterios de eficiencia, disponibilidad y efecto.

iii) Solventes alternativos.

En este caso, la propuesta se origina con la idea de sustituir solventes orgánicos volátiles, grandes contaminantes del aire. Los solventes que se están utilizando como alternativa son los sistemas acuosos, líquidos iónicos, solventes inmovilizados, polímeros anfífilicos, fluidos supercríticos, entre otros.

iv) Productos alternativos

El objetivo es diseñar compuesto cuya aplicación sea la de interés, pero modificar las moléculas de modo de que sean más seguras. Por ejemplo en la industria farmacéutica sería mejorar los beneficios terapéuticos pero disminuir efectos secundarios tóxicos.

v) Química analítica

Durante la síntesis se deben realizar controles o monitoreos en tiempo real, acoplado con la posibilidad de realizar modificaciones en casos en que los análisis indiquen que sea necesario.

vi) Catalizadores alternativos

El uso de catalizadores no sólo mejora la eficiencia de una reacción, sino que permite disminuir la cantidad de reactivos, lo que finalmente se traduce en menor generación de residuos. Por esta razón, la QV no sólo promueve la utilización de catalizadores, sino que además impulsa la generación de nuevas generaciones de catalizadores cada vez más inocuos y con menos impacto

ambiental durante su producción.

Seguidamente, presentamos los **Doce Principios** fundamentales de la QV, en los que se estructuran las alternativas descritas anteriormente. En primer lugar, para cada uno de ellos, presentamos el o los pocos términos con los que en la actualidad son utilizados cotidianamente por docentes e investigadores del área. Seguidamente presentamos la frase con la que han sido dados a conocer por parte de los autores en su libro pionero. Y por último, presentaremos una breve descripción de cada uno, según fueron desarrollados en dicho libro.

1.- Prevención. Es mejor prevenir la formación de desechos que tratarlos o limpiarlos después de su formación.

Este principio surge de la analogía a la medicina preventiva, “prevenir es mejor que curar”. Se centra en la disminución de los costos industriales o científicos. Esto es, si se trabaja con una sustancia peligrosa, se deben considerar los costos para solucionar el problema generado. Los costos de manipulación, de protección personal, dispositivos de seguridad industrial, de control, separación, tratamiento, disposición final, entre otros. Siendo que, cuanto más peligrosa para la salud o el ambiente sea la sustancia, mayor será el costo asociado. Entonces, por la simple acción de disminuir o eliminar el uso o la generación de sustancias peligrosas, se disminuyen los costos totales.

2.- Economía Atómica (EA en adelante). Se deben diseñar métodos sintéticos para maximizar la incorporación de todos los materiales utilizados en el producto final.

En los casos en que las reacciones químicas, además de obtener los productos deseados, se obtienen sub- o co-productos, éstos son considerados como los residuos generados con los que posteriormente se debe lidiar (separación, tratamiento, disposición final). Entonces, la EA es un parámetro que permite cuantificar la efectividad de una reacción en términos de incorporación de los átomos pertenecientes a los reactivos en productos deseados. Este no se relaciona con el “rendimiento”, como se acostumbraba a hablar de eficiencia en la jerga científica, definido como el porcentaje de producto generado respecto de la cantidad teórica a partir de la estequiometría. Por ello, es así como una reacción es 100% económica atómicamente hablando, si el total de los reactivos son convertidos en productos deseados. La EA se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{ECONOMÍA ATÓMICA} = \text{Peso Molecular del producto} \times 100 / \text{la Sumatoria de los Pesos}$$

En otras palabras, la EA permite, indirectamente, calcular la masa de residuos generados en un proceso químico. Además, apunta al incremento (como siempre ha sido) de la eficiencia, tanto en términos de calidad como en términos económicos. En este sentido, el concepto de EA ha reemplazado el de rendimiento.

3.- Síntesis química menos peligrosa. Cuando sea posible, los métodos sintéticos deben ser diseñados a modo de usar y generar sustancias de baja o ninguna toxicidad para los humanos y el ambiente.

En el momento histórico en que se tomó conciencia de la contaminación generada por la industria, las acciones apuntaron a limitar, regular y eliminar la cantidad de residuos generados. Es decir, se apuntaba al problema. La QV llegó para proponer una solución, esto es, no llegar a la existencia de ese problema mediante la minimización o eliminación de los peligros en todos los aspectos del diseño de la química. Es así como, los químicos, a través de sus habilidades, conocimientos y equipamiento tecnológico de avanzada, pueden tornar a la ciencia y a la industria en algo seguro para la salud humana y el ambiente.

En otras palabras, hay dos modos de minimizar un riesgo, disminuyendo la exposición o minimizar la peligrosidad. En el primer caso, se requiere la implementación de vestimenta de seguridad, controles ingenieriles, dispositivos personales (oculares, respiratorios, etc), entre otros, además del entrenamiento necesario para el trabajo cotidiano y para las situaciones accidentales. Esto, sí o sí, incrementa el costo del proceso. Además, los controles de exposición pueden fallar, lo que incrementa el riesgo.

En el segundo caso, el peligro es intrínseco al proceso, por lo que no es posible que el riesgo sea incrementado en ninguna condición. Al mismo tiempo, existen consideraciones éticas a tener en cuenta. Esto es, hay una responsabilidad profesional al poseer los conocimientos para minimizar el peligro al que se enfrenta el público, el ambiente y los usuarios de las sustancias químicas en general. Es decir, desde una perspectiva ambiental, económica, legislativa o social⁸, los químicos debemos utilizar ese conocimiento para impulsar innovaciones más seguras. De este modo, además, siendo que el *statu quo* sitúa a los químicos entre innovadores y contaminadores, se estaría trabajando sobre la opinión pública, beneficiando a la opinión científica frente al público en general.

4.- Diseño de sustancias más seguras. Los productos químicos deben diseñarse para mantener

⁸ Notar la separación que plantean los autores.

la eficiencia en su función disminuyendo también su toxicidad.

El objetivo de las síntesis debe ser maximizar la performance para una dada función mientras que se reduce al mínimo posible la toxicidad y el peligro. Vale destacar que, tanto químicos, como toxicólogos y farmacéuticos hoy en día tienen la posibilidad de predecir si una sustancia es carcinógena, mutagénica, neurotóxica, perjudicial para el desarrollo, etc. Esto es posible con sólo conocer la estructura de dicha sustancia. Es decir, una sustancia puede poseer grupos funcionales de interés, mientras otros pueden ser responsables por su toxicidad. En efecto, es posible caracterizar y modificar moléculas gracias a la información que se ha sistematizado, en las últimas décadas, en cuanto a la relación entre estructura y función, mecanismos de acción sobre el cuerpo humano o sobre el ambiente y sobre la biodisponibilidad.

5.- Menor uso de sustancias auxiliares. Las síntesis de productos químicos deben diseñarse de forma que no se necesiten, cuando sea posible, los solventes, agentes de separación y demás agentes auxiliares, pero si se usan, que sean inocuas.

Las sustancias auxiliares son aquellas que se utilizan para manipular una sustancia, pero que no va a ser parte de un producto deseado. Algunos ejemplos, son los solventes volátiles y los agentes utilizados para la separación o purificación de sustancias, que pueden afectar la salud humana o el ambiente, por ser cancerígenos o afectar ecosistemas enteros, como el ejemplo de los clorofluorocarburos, ciertas sustancias que afectaron la integridad de la capa de ozono y consecuentemente a todos los seres vivos. Así pues, se han desarrollado solventes alternativos, como los fluidos supercríticos. En otros casos, se han reemplazado por superficies sólidas o por solventes inmovilizados en polímeros, o por agua en algunos casos.

6.- Diseño según la eficiencia energética. Los requerimientos de energía deben tomarse en cuenta respecto a su impacto ambiental y económico y deben ser minimizados. Los métodos sintéticos deben llevarse a cabo a temperatura y presión ambiente.

La utilización de energía impacta tanto en aspectos económicos como en ambientales⁹. Tal es el caso de aquellas transformaciones químicas en las que es un objetivo la conversión de sustancias en energía disponible, o viceversa. Además, la energía se utiliza para calentar sistemas o etapas productivas con el fin de aumentar la velocidad de las reacciones. En este último caso, el uso de catalizadores puede lograr el mismo efecto, disminuyendo la energía de activación para una

⁹ Notar nuevamente la distinción.

determinada reacción. En otros casos, en las reacciones muy exotérmicas, se necesita enfriar los sistemas. Es más, en algunas etapas de separación o purificación la energía también está involucrada. Con estos ejemplos, ponemos de manifiesto la participación de la energía en las reacciones o procesos químicos, la cuál debe ser considerada en términos de costos y de impactos ambientales. Dichas etapas han de ser analizadas y puestas en tensión para su reemplazo de los combustibles fósiles por alternativas, como la utilización de microondas u energía ultrasónica con el fin de optimizar, cuando sea posible, los requerimientos energéticos.

7.- Uso de materias primas renovables. Siempre que sea, técnica y económicamente, posible las materias primas deben obtenerse de fuentes renovables y no de fuentes agotables.

La diferencia entre renovable y agotable, para los autores, depende del tiempo necesario para su reposición. Por ejemplo, los combustibles fósiles son agotables, aquellos asociados con un origen biológico, vegetal o agropecuario, los que pueden regenerarse en términos de la vida humana, son los considerados renovables. Sin embargo, hay algunos que pueden tener ambos orígenes, como el $\text{CO}_2(\text{g})$ y el $\text{CH}_4(\text{g})$.

Los aspectos negativos respecto al uso de materia no renovable, se desglosan en los términos de sustentabilidad (que es definida en términos ambientales y económicos¹⁰) debido al agotamiento de ciertos materiales para generaciones futuras; ambientales, pues los combustibles fósiles afectan a la salud humanos y a ambiente; económicos, debido al incremento de la materia prima cruda; y políticos, respecto a la opinión pública de las contaminaciones y la protección militar requerida.

Por otro lado, respecto a los productos de origen vegetal, hay una consideración importante respecto a la disponibilidad, según las estaciones del año o las malas cosechas. Sin embargo, los autores, destacan que ciertos riesgos políticos pueden ocurrir también en relación al origen geográfico de los combustibles fósiles. Además, es de considerar también, tanto las enormes extensiones de tierra y de energía necesarias para la producción de los cultivos que luego serán usados como fuente de materia prima.

8.- Evitar el uso de derivados. La síntesis de derivados (protección de grupos funcionales y su eliminación posterior) debe evitarse, cuando sea posible.

La derivatización es un cambio temporal molecular o físico, como bloqueo o protección de un determinado grupo funcional que se pone en riesgo en una etapa del proceso productivo o mediante un cambio de propiedades físicas del sistema. Es habitual en la síntesis de pesticidas, fármacos y

¹⁰ Notar la separación una vez más, planteada por los autores entre “ambiental y económico”

algunas tinturas. Los agentes derivatizantes, en general peligrosos, son utilizados y luego recuperados, después de la desprotección, generando residuos. Por esta razón, la derivatización debe ser evitada cuando sea posible.

Por ejemplo, algunas sales se utilizan para modificar propiedades físicas para una determinada etapa del proceso, como la viscosidad, dispersabilidad, presión de vapor, polarizabilidad, solubilidad. O como el caso de la síntesis de un nuevo grupo funcional o región molecular transitorio para una dada reacción (como es el caso en el que se necesita realizar una sustitución nucleofílica, se utilizan derivados halogenados). Es así como, luego de esta etapa transitoria, se generan residuos de los derivatizadores utilizados.

9.- Uso de catalizadores. Los procesos que utilizan catalizadores específicos son mejores que los procesos estequiométricos.

En algunos casos las reacciones se pueden optimizar mediante el uso de catalizadores. Es decir, los catalizadores, sustancias que no son reactivos ni productos, y que se pueden recuperar al finalizar una transformación, aumentan la selectividad y minimizan los requerimientos energéticos, debido a que disminuyen la energía de activación. Como consecuencia, los catalizadores aumentan la velocidad de las reacciones, lo que implica que para un dado periodo de tiempo, las reacciones catalizadas generan miles de veces más cantidad de producto que las no catalizadas.

10.- Diseño de productos degradables. Los productos químicos deben degradarse a productos inocuos al ser dispuestos y no deben ser persistentes en el ambiente.

Aquellas sustancias que son liberadas al ambiente y que permanecen intactas o se acumulan en organismos vegetales o animales son aquellas conocidas como “persistentes” o “bioacumulables”. Estas últimas, directa o indirectamente, perjudican dichos organismos. Estos son los casos de los plásticos y de los pesticidas. Los primeros, al no ser biodegradables, perduran en campos y océanos al ser arrastrados desde regiones transformadas por el hombre y afectar nocivamente a la fauna por no ser digeribles. Los segundos, tienden a acumularse en tejidos y pasar a través de las cadenas alimenticias hasta llegar al hombre.

La propuesta de la QV reside en la consideración de la degradación de las sustancias al momento de ser diseñadas. Esto requiere investigación y asesoramiento pues además de la importancia de la función específica, debe ser diseñada para ser degradada, o biodegradable. Es decir, susceptible a hidrólisis, fotólisis, entre otros, para garantizar su descomposición. Además, los productos generados deben ser también inocuos y biodegradables. Esto implica que la síntesis,

desde la QV, debe considerar la biodegradación y los efectos en la salud humana, los ecosistemas, la vida silvestre, y la carga de polución general.

11.- Análisis en tiempo real del proceso. Desarrollo de métodos analíticos que permitan el monitoreo y control del proceso para evitar formación de sustancias peligrosas en reacciones secundarias.

Cabe destacar la premisa de QV de “no se puede controlar lo que no se puede medir”. Por esta razón son necesarios sensores, monitores y técnicas analíticas confiables y seguras para la presencia o ausencia de sustancias tóxicas en todo el proceso productivo en tiempo real. Es decir, detectar desde el exceso de reactivos hasta la generación de co-productos.

12.- Uso de sustancias químicas que disminuyan el riesgo de accidentes. Las sustancias y su estado físico utilizados en un proceso químico deben elegirse para minimizar riesgo de accidentes.

Los riesgos habituales en los procesos químicos son toxicidad, explosividad e inflamabilidad. Estos peligros deben ser considerados en la QV además de la contaminación y la ecotoxicidad. Por ejemplo, considera las presiones de vapor de las sustancias, evitar el uso de halógenos y la utilización de la técnica “*just in time*” que implica la generación y el consumo inmediato de las sustancias peligrosas dentro de un proceso.

Hasta aquí presentamos la propuesta de QV que hicieron Anastas y Warner en 1998. La misma es utilizada para caracterizar las publicaciones en el estudio estadístico y en profundidad y será retomada en el capítulo final de discusión y conclusiones.

1.2 Marco teórico

1.2.1. Ambiente y Problemas ambientales

El término **ambiente**, proveniente del latín *ambire*, refiere a lo que rodea una cosa, y comúnmente está determinado por el objeto al que se dirige. El carácter globalizante del término es atravesado por intereses de muy variado signo y además, es necesario considerar el posicionamiento intelectual de quien lo utiliza ya que está definido por sus dimensiones éticas, ideológicas y de paradigma (Di Bernardo, publicación interna).

Por un lado, una **ética** es una posición frente al otro reconocido como otro (Frigerio, 2005). Asimismo, una **ideología** es entendida en un sentido relacional, brindando una base de organización para las creencias, subjetividades y valores de los individuos con lo que se genera y se reproduce un cierto orden social en sus múltiples dimensiones, desde lo individual hasta lo institucional (Eagleton 1991, en Gugynas, 2012). Finalmente, un **paradigma** es un tipo de relación lógica (inclusión, conjunción, disyunción, exclusión) entre un cierto número de nociones o categorías maestras. Privilegia ciertas relaciones lógicas en detrimento de otras, y es por ello que un paradigma controla la lógica del discurso (Morin, 1994).

Ahora bien, desde la *Teoría de General de los Sistemas* (Bertalanffy, 1976), un **sistema** es simplemente un conjunto de elementos (o subsistemas) relacionados entre sí. Los elementos pueden ser moléculas, organismos, máquinas o partes de ellas, entidades sociales e incluso conceptos abstractos. Asimismo, las relaciones, interconexiones, o eslabonamientos entre los elementos se pueden manifestar de maneras muy diferentes (transacciones económicas, flujos de materia o energía, vehículos causales, señales de control, entre otros). Todos los sistemas con existencia material son abiertos y mantienen intercambios de energía, materia e información con su ambiente, los que son importantes para su funcionamiento. Entonces, si dentro de un conjunto de elementos interactuando, elegimos uno de ellos como objeto de nuestra atención, el resto se transforma en el **ambiente** del sistema (Gallopín, 2003). En ese sentido, cuando hablamos de **sistema ecológico** o ecosistema, nos referimos a cosas vivas e inertes de la Tierra que interactúan entre sí (Pengue, 2009). Por otro lado, a la superficie de la Tierra, que contiene muchos ecosistemas (bosque, estepa, etc.), se la denomina **Biosfera**.

Asimismo, el vocablo **relación**, desde el enfoque sistémico, se refiere a una conexión lógica (inclusión, conjunción, disyunción, exclusión), entre un cierto número de relaciones o categorías maestras. El paradigma del cognoscente introduce un conjunto de valores en el análisis de los sistemas complejos. Entonces, “relación” se utiliza en sentido amplio e incluye términos similares tales como ‘restricción’, ‘estructura’, ‘organización’, ‘cohesión’, ‘interacción’, ‘interconexión’, ‘correlación’ y ‘patrón’. Las relaciones también pueden referirse a competencias

entre las partes. Las armonías con su carácter dinámico en constante modificación son, en buena medida, el producto de las competencias, es decir que tienden a la organización (Gallopín, 2003).

Desde la *perspectiva de la Ciencia Química*, cuando se estudia la **materia**, se consideran los distintos estados de agregación (sólido, líquido, gaseoso) y las distintas cualidades, es decir, las **sustancias** que la conforman (como ser el $O_2(g)$ y el $CO_2(g)$ del aire). Estas están formadas por partículas denominadas **moléculas**, las cuales están constituidas por **átomos** unidos entre sí. Esta unión, o enlace, libera energía para su formación, y la ruptura de una unión requiere energía. La energía de estas uniones, la **energía química de enlace**, es aquella que se libera cuando se forma una determinada cantidad (un mol) de enlaces. Ésta es parte intrínseca de la materia (de los enlaces de sus átomos constituyentes) que, cuando sufre cambios en sistemas biológicos o artificiales, se conserva en parte y el resto se disipa en forma de calor. Eso se explica mediante la *Termodinámica*, disciplina que estudia las transformaciones de la energía. Asimismo, sabemos por la Primera Ley de la Termodinámica, que la energía se conserva en cualquier transformación. Y, por la Segunda Ley, que todos los procesos de transformación de energía comprenden cierta degradación de la calidad de la energía (pérdida por calor). Esto quiere decir que las **transformaciones químicas** (o **reacciones**) de la materia en los sistemas, que involucran ruptura y formación de enlaces, desarmar combinaciones atómicas para formar nuevas, implican consumo o liberación, conservación y disipación de energía. Por otro lado, la materia también puede cambiar sin romperse ningún enlace, cambiar de estado por ejemplo, en esos casos hablamos de **transformaciones físicas** (Pliego y Rodríguez, 2012).

Un modelo muy estudiado desde niños es el de los cambios físicos que experimenta la sustancia Agua en nuestro planeta. El agua existe en la Tierra en los tres estados, sólido, líquido y gaseoso. Océanos, ríos, nubes, nieve y lluvia están en constante cambio.

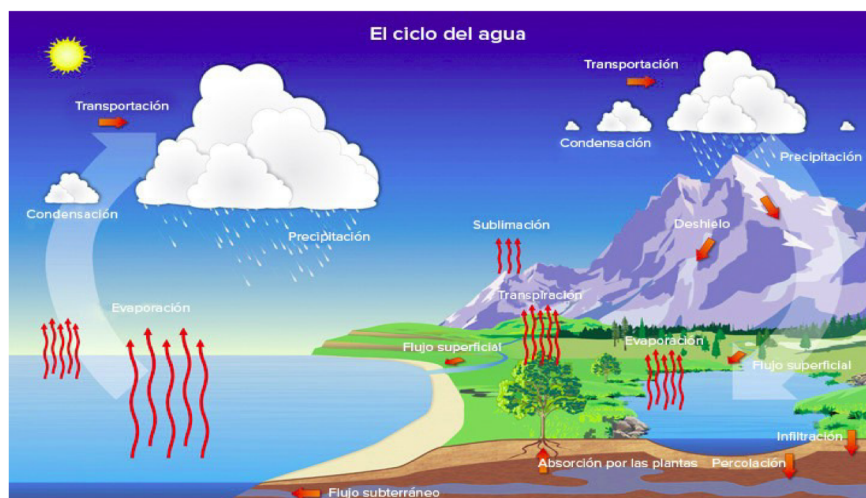


Figura 2. Ciclo terrestre del agua. Fuente: <https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water->

El agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. Cada cambio de estado involucra un intercambio de energía (absorción o liberación). El estado es lo que cambia, sin embargo la cantidad total de agua en el planeta no cambia en este ciclo biogeoquímico¹¹. En la Figura 2 se esquematizan las transformaciones y la conservación del agua en la Tierra, denominado Ciclo Hidrológico, o Ciclo del Agua. cycle (julio 2017)

En el ejemplo mencionado, describimos lo que ocurre con una sustancia, a lo largo del tiempo, en nuestro planeta. Ahora bien, cabe preguntarse qué ocurre con los elementos en la **biomasa**, es decir, con los elementos que conforman la materia que es parte de los seres vivos (oxígeno, carbono, nitrógeno, azufre y fósforo, etc.). Estos van pasando, por los diversos seres, de unos niveles tróficos a otros, en la denominada cadena o red alimenticia. Las plantas los recogen del suelo o de la atmósfera, donde se encuentran como sustancias inorgánicas, y los convierten en moléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y pequeños metabolitos). Los animales los toman de las plantas o de otros animales y después los devuelven a la tierra, la atmósfera o las aguas por la respiración, las heces o la descomposición de los cadáveres, cuando mueren. De esta forma encontramos en todo ecosistema los **Ciclos Biogeoquímicos** de los elementos, por ejemplo, del Oxígeno, el Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno, etc. Comprender el ciclado de los elementos en los ecosistemas es esencial para conocer su funcionamiento. Por otro lado, la energía proveniente del Sol es captada por las plantas, algas y por microorganismos fotosintéticos y fluye en la cadena o red alimenticia con pérdidas parciales en forma de calor (Figura 3).

Presentaremos a modo de ejemplo detalladamente el ciclo del Carbono (Figura 4). En la atmósfera, el Carbono se halla combinado con el Oxígeno formando un gas llamado Dióxido de Carbono ($\text{CO}_2(\text{g})$). Con ayuda de la energía lumínica proveniente del Sol, en el proceso conocido como fotosíntesis, el dióxido de carbono extraído del aire por los organismos fotosintéticos hacia su interior, donde se convierte inicialmente en moléculas orgánicas pequeñas, que luego forman biomasa y reservas energéticas. Los átomos de Carbono pasa de las plantas a los animales que se alimentan de ellas, mediante las cadenas alimenticias. Los animales que se alimentan de otros animales también obtienen estos átomos a través de sus alimentos. Finalmente, éstos pasan de plantas y animales al suelo cuando éstos perecen. Sus cuerpos, madera y hojas se descomponen en el suelo, gracias a los microorganismos descomponedores que lo utilizan, lo incorporan y generan moléculas orgánicas del suelo (como ácidos húmicos). Paralelamente, el Carbono va de los seres vivos a la atmósfera. Esto es, cada vez que los animales exhalan, se está liberando

¹¹ Esta afirmación es válida si no se consideran las transformaciones químicas antropogénicas, como la electrólisis. Así como tampoco nos detenemos en la calidad del agua. En esta instancia sólo se consideran los cambios físicos naturales.

$\text{CO}_2(\text{g})$ hacia la atmósfera. Los animales y las plantas se deshacen de este gas mediante el proceso conocido como respiración.

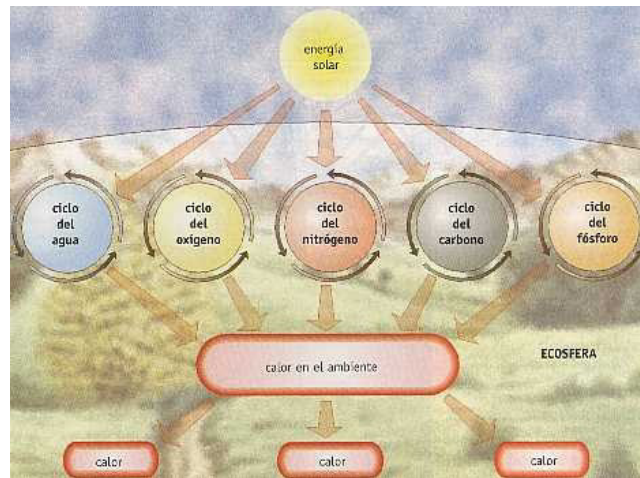


Figura 3. Flujo de energía desde el Sol, a través de los ciclos biogeoquímicos y la disipación en forma de calor.

Fuente: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/04Ecosis/100Ecosis.htm> (junio 2017)

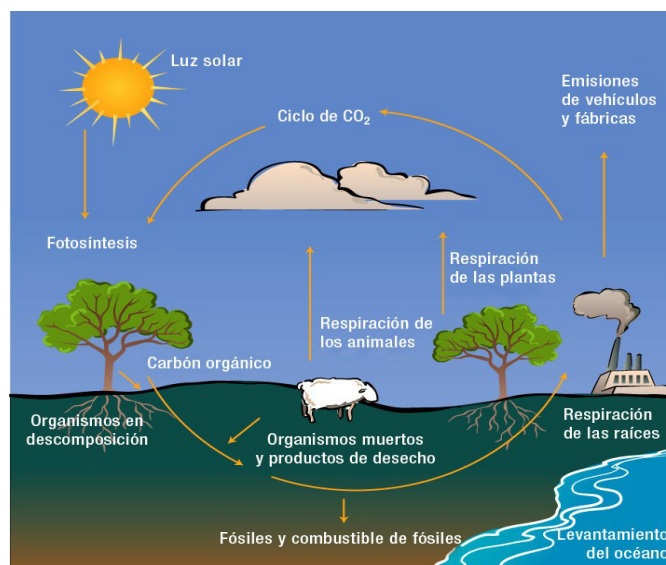


Figura 4. Ciclo biogeoquímico del Carbono. Fuente <http://biologia-test.blogspot.com.ar/2014/12/flujo-de-energia-en-los-ecosistemas.html> (junio, 2017)

Además, parte de la materia descompuesta antaño quedó enterrada y tras millones de años, se convirtió en combustible fósil. Los átomos de Carbono de los combustibles fósiles pasa a la atmósfera cuando el combustible es quemado por los seres humanos para dar energía a sus fábricas, hogares, plantas eléctricas, automóviles, etc. La mayor parte del Carbono que liberan los combustibles queda en la atmósfera como $\text{CO}_2(\text{g})$ y $\text{CO}(\text{g})$, y el resto se disuelve en el agua de mar, lagos y ríos, que los animales acuáticos usan para crear el material de sus esqueletos y caparazones.

Así es que, todos los seres somos sistemas abiertos por los cuales atraviesan la materia y la energía. Entonces, todos los seres intercambiamos la materia en ciclos biogeoquímicos de los elementos, de los que todos formamos parte. La energía fluye desde el Sol a través de todos los seres y se va disipando en forma de calor, es decir, en este caso hay entrada y salida de energía de la Tierra. Pero la cantidad de materia que hay en el planeta no cambia; mientras es utilizada por los seres vivos, circula por nosotros, que somos sistemas abiertos, y por el soporte inanimado con el que podemos intercambiar.

Ahora bien, más allá de lo que ocurre en los organismos ¿qué hay de la materia y la energía que se utiliza en producir cosas, fabricarlas y venderlas? La “historia de las cosas” comienza con la extracción de la materia de los llamados “recursos naturales”, su transporte hacia los sitios de manufacturación y embalaje, luego hacia los sitios de comercialización, de donde los llevamos a los hogares, los usamos y descartamos, para luego ser trasladados a los sitios de disposición final (Leonard y Conrad, 2010). Un proceso de flujo lineal de materia (Figura 5) inserto en una economía de **mercado** (Figura 6) en el que cada etapa implica la generación de **contaminación**, es decir la formación y liberación de sustancias nocivas para la salud humana y no humana, que no pueden ser descompuestas por los microorganismos en los mismos plazos que lo hacen con los materiales naturales (de origen biológico).



Figura 5. Flujo lineal de materia en el sistema productivo actual: extracción, industrialización, comercialización, uso y descarte. Fuente: Leonard y Conrad, 2010.

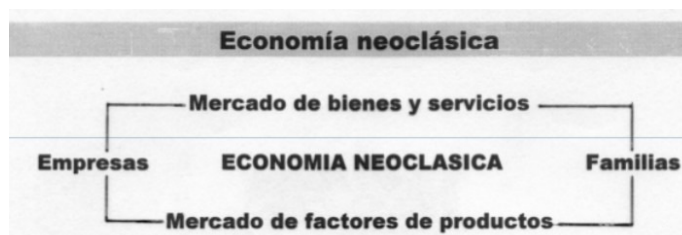


Figura 6. Flujo del capital según la Economía neoclásica. Fuente: Martínez Allier, 2003

Este es un sistema que fomenta el consumo y consecuentemente la explotación de la naturaleza y del hombre por el hombre. Es el sistema capitalista neoliberal globalizado que genera desigualdad entre los humanos y desprecia la vida de los no humanos. Y, aunque se propongan tecnologías para el reciclado de materiales, no todos los materiales se pueden reciclar. Además, su calidad disminuye en el proceso de reciclado, y es imposible recuperar la pérdida de

energía, pues se disipa como calor. Esto lo esquematizamos en la Figura 7.

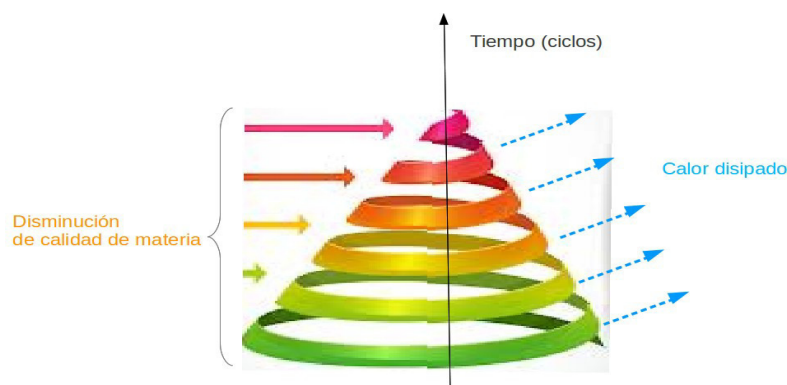


Figura 7. Esquema de reciclado de materia y disipación de energía representada con una espiral. La espiral representa la disminución de la calidad de la materia debido a la pérdida de energía (como calor disipado) en cada ciclo (o etapa de reciclado). No se representa la energía consumida para cada etapa.

Por ejemplo, en la industria de los polímeros, sólo los termoplásticos (los que se funden) son los que pueden ser incorporados al ciclo de reciclado ya que los objetos como botellas, bandejas y bolsas pueden limpiarse, triturarse, fundirse y generar materia para nuevas aplicaciones. Todos estos pasos implican consumo de energía, y además, luego de cada ciclo el material disminuye su calidad en el proceso, y ya no puede utilizarse en la industria alimenticia, debido a requisitos de higiene y seguridad. Siempre va a destinarse a una aplicación que demande menos restricciones. En cada ciclo hay más limitaciones para su reutilización. Por otro lado, esta tecnología permite destinar materiales a fines donde son inmovilizados. Los polímeros que contienen pigmentos u otras sustancias contaminantes, pueden ser utilizados, por ejemplo, para realizar carteles de señalización vial. Pero en este modelo, siempre se va a necesitar material virgen para aplicaciones como la mencionada alimenticia, que requieran elevados grados de calidad.

Ahora bien, una propuesta sobre hábitos de consumo que pretende desarrollar hábitos generales responsables, como el consumo responsable es la **regla de las tres erres**, también conocida como las tres erres de la ecología o, simplemente, 3R. Este concepto hace referencia a estrategias para el manejo de residuos que buscan ser más sustentables con el ambiente y específicamente dar prioridad a la reducción en el volumen de residuos generados. Reducir el consumo (materia y energía) conlleva a *reducir* los desechos generados, también *reutilizar* los objetos para otras aplicaciones diferentes de los destinos para los que fueron diseñados y *reciclar* los materiales (los metales, vidrios y polímeros termoplásticos), son parte de esta propuesta. Pero, como mencionamos anteriormente, existen materiales que no pueden ser reciclados, y/o, por su composición, tampoco pueden biodegradarse.

Por otro lado, el **compostaje** es un proceso en que, luego de separar los residuos de origen

biológico (restos de vegetales alimenticios, papel, madera, etc.) se los incorpora en un biorreactor, donde microorganismos, insectos, lombrices o gusanos descomponen esta materia orgánica en humus, un fertilizante natural que regenera la tierra. La calidad de este humus depende de la conciencia en la separación inicial, y del acompañamiento del proceso para no generar malos olores, riesgo de autoincineración, etc.

Este tipo de propuestas, la separación de residuos, las 3R y el compostaje, requieren de la educación y participación ciudadana y de la incorporación de tecnología apropiada. Sin embargo, no son una solución al problema de los residuos (ya que hay algunos que no se pueden incorporar a estos procesos) ni mucho menos a el modo de producción capitalista. Para ello existe una nueva R, una **cuarta R**, que es la de *rechazar*. Rechazar el modo de producción, rechazar el modelo de consumismo, lo que implica también generar alternativas (Pengue, 2012).

Por otro lado, gracias a la globalización del capitalismo neoliberal, en los países “del norte”, los llamados “desarrollados” o del “primer mundo”, los habitantes poseen mayores ingresos y son los grandes consumidores. Por ejemplo, consumidores de nuevos productos tecnológicos, que además requieren grandes cantidades de materiales para embalaje. Estos países presentan leyes que regulan la producción y la contaminación. Por esto las grandes empresas se ven favorecidas si realizan las etapas de extracción y algunas de la producción en los países del “tercer mundo”. Allí, no sólo los hombres son explotados para trabajar, sino que en algunos casos son manipulados para lograr cooptar su fuerza de trabajo, logrando enfrentamientos entre pobladores. En los países del primer mundo la **capacidad de carga**, definida como el nivel de población de individuos que puede tolerar un ambiente dado sin sufrir un impacto negativo significativo (Pengue, 2009), excede el área biológicamente productiva que tienen disponible. Estas naciones están incurriendo en un déficit ecológico nacional, es decir, que en estos casos, el área del país por sí sola no puede proveer los suficientes servicios ecológicos para satisfacer los actuales estándares de consumo de su población.

Otro concepto a considerar es la **Huella Ecológica**. Ésta se define para una población determinada, siendo el área biológicamente productiva necesaria para obtener los recursos necesarios y absorber los desechos que genera dicha población. Asimismo, dado que los habitantes de cualquier sociedad utilizan recursos de todo el mundo, la Huella Ecológica adiciona y estima el tamaño de las diversas áreas utilizadas, sin importar el lugar en que se encuentren (Pengue, 2009). La **huella hídrica** considera la cantidad de agua que se requiere para producir un determinado producto agropecuario. La **huella de carbono** es la contaminación que generará desde su origen en el transporte y en la producción. Además, hay que considerar a las **mochilas ambientales**, que es la cantidad de materiales utilizados en la elaboración de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

Luego, considerando que en los procesos productivos, indefectiblemente se generan residuos y una pérdida de energía en forma de calor, desde el punto de vista del “**metabolismo socio-económico**”, representado en la Figura 8, la cuestión relevante es el avance continuo del capitalismo en las fronteras de la extracción de materias primas y su uso de sumideros de residuos que ya se rebasan, como ocurre con el uso de la atmósfera para depositar dióxido de carbono. Además, la acumulación de capital está basada en la explotación del trabajo y la fase actual implica una sobreproducción exacerbada, donde la posibilidad de venta exige e impone una planificación (como la obsolescencia programada, las modas, etc.) que extiende las necesidades (consumo suntuoso) y maximiza el flujo en la cadena productiva, que es lineal, aunque incluya etapas de reciclado, en este planeta que es finito, en donde la cantidad de materia es constante pero que estamos contaminando e inutilizando luego del descarte, interfiriendo los ciclos naturales de los elementos y de la materia en sí. Por lo tanto, la única solución requiere un cambio en la mentalidad de los consumidores. Esto implica transformar las relaciones entre los humanos y con los no humanos, para que prevalezca el respeto, la solidaridad y la igualdad, generar nuevos modos de producción y de comercio, nuevas economías sociales y solidarias, legislación ambiental y de políticas fiscales para mejorar la **ecoeficiencia** (Pengue, 2012; Leonard y Conrad, 2010; Martínez Alier, 2003).

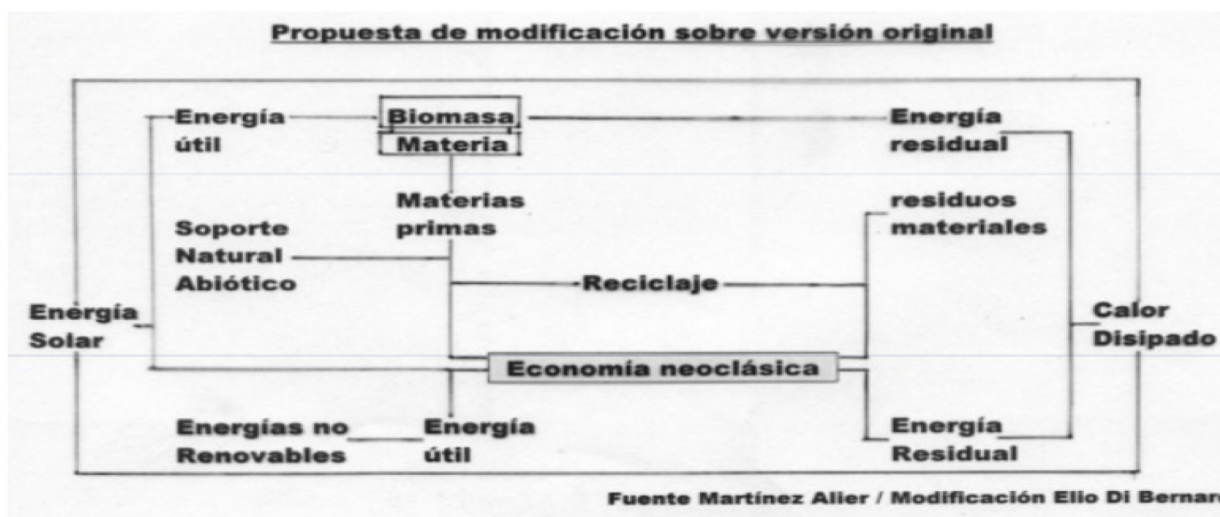


Figura 8. Metabolismo social. Fuente: Elio Di Bernardo, publicación interna. Los humanos y sus sistemas sociales operan como un organismo metabólico pues transforman recursos naturales en productos manufacturados, en servicios y finalmente en desechos (Pengue, 2009)

Asimismo, desde la perspectiva de la Economía Ecológica¹², se denominan **bienes ambientales** a los servicios y recursos tomados o apropiados desde el ambiente por las fuerzas

¹² La Economía Ecológica fue fundada a fines de la década de los 80. Es una transdisciplina que integra elementos de economía, ecología, termodinámica, ética y de un rango de otras ciencias naturales y sociales para proveer una perspectiva integrada de la interacción entre la economía y el ambiente con el objetivo de contribuir al desarrollo de soluciones estructurales para los problemas ambientales.

del mercado y puestos a funcionar en su beneficio y no necesariamente en el mismo sentido o función que previamente prestaran en la Naturaleza, hacia la sociedad humana y las otras especies en su conjunto. Son una intrincada red de bienes comunales y bienes públicos donde se confrontan los principios de libertad de mercado, la soberanía de los Estados y la autonomía de los pueblos (“Manifiesto por la vida”, 2002, en Pengue, 2009). Además de todos los productos que tomamos de los ecosistemas, estos también nos proveen de **servicios ambientales**, como los servicios de regulación, de soporte de la vida y culturales. Los servicios ambientales dependen del funcionamiento saludable de los ecosistemas y de su biodiversidad (Pengue, 2009). Estos conceptos tampoco se pronuncian en el discurso capitalista. Allí se utiliza sólo el término **recurso natural** ya que entrega los bienes al mercado y no a la voluntad democrática de los pueblos. Las organizaciones sociales que defienden estos bienes, los denominan **bienes comunes** para mostrar que pertenecen a todos, tanto a los humanos como a los no humanos, no son propiedad de algunos.

Entonces, las consecuencias producidas por el sistema son, por un lado la irracional devastación de bienes comunes (como la tala de árboles, voladura de montañas, etc.) y la contaminación del suelo, aire y agua en las diferentes etapas de industrialización, uso y descarte, y junto a las desigualdades sociales. A todo esto, llamamos **Crisis Ambiental Global**, la cual consta de un sinnúmero de Problemas Ambientales Locales.

El carácter global de la crisis tiene origen hace cinco siglos con la conquista y colonización de América, África y Asia, comenzó a consolidarse la economía mundial, el sistema capitalista. Unas regiones se especializaron en extracción y producción de bienes primos (minerales, petróleo, agropecuarios, forestales y pesqueros), mientras que otras se consolidaron como productoras de manufacturas. Como, en general los primero no procesaban, se convirtieron luego en importadores. La gran disponibilidad de bienes extraíbles, requiere inversión elevada de capital y tecnología, concentra la riqueza en pocas manos, quedó sujeto a las vicisitudes del mercado mundial, convoca a inversiones de la banca internacional que desembolsa préstamos a los gobiernos o grandes empresarios, produce distorsiones económicas sectoriales, ya que no hay una masiva generación de empleo, enriqueciendo empresas trasnacionales, empobreciendo a las masas. Los Estados captan capitales de los excedentes de los sectores extractivos, de los que parte son destinados a programas sociales, buscando su legitimación social. El clientelismo generalmente afecta en la consolidación de ciudadanía, las organizaciones sociales y el sentido de comunidad. Además, esta actividad es criticable tanto el protagonismo de las transnacionales, como la extracción en sí ya que nos sólo genera problemas económicos y sociales en ciertas regiones, sino que además genera problemas de contaminación, por los que, la protesta organizada de los sectores afectados es criminalizada violentamente con el fin de garantizar las

actividades extractivas (Acosta, 2011).

1.2.2. Desarrollo y sustentabilidad

Para cerrar este capítulo, sólo resta destacar que el sistema extractivista en los países del tercer mundo, se legitima discursivamente apelando al desarrollo regional.

El **desarrollo**, que promueve el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano, no es sinónimo de crecimiento económico; éste es sólo uno de los medios para lograr el primero. Por su parte, **calidad de vida** comprende la satisfacción de las necesidades humanas materiales y no materiales (que resulta en el nivel de salud alcanzado) y de los deseos y aspiraciones de las personas, traducido en el grado de satisfacción subjetiva logrado (Gallopín, 2003). Desarrollo es un concepto heredero de la noción occidental del progreso acuñado en la Grecia clásica. Ambos implican una situación de movimiento en una dirección, desde un estadio primitivo hacia un futuro con una promesa de una mejor vida.

Desde mediados de siglo veinte, se puede analizar el enfoque de la modernización sobre la teoría del desarrollo, esto es, la industrialización, la alta tasa de urbanización y educación, la tecnificación de la agricultura y la adopción de los valores y principios de la modernidad, desde las formas de orden, la racionalidad y la actitud individual. Las críticas y cuestionamientos a este enfoque surgieron poco tiempo después, al observar en los países del tercer mundo, la tercerización de la fuerza de trabajo, el surgimiento de barrios marginales en las ciudades y el aumento de la pobreza y la desigualdad. Luego, la carencia del supuesto desarrollo de estos países, fue justificado al enunciar que existen dos caras de un mismo proceso, interdependientes, el desarrollo y el subdesarrollo. Esta es la expansión del capitalismo, desde la fase imperialista (1880) hasta el neoliberalismo globalizado de la actualidad, implica que los países desarrollados se nutren de beneficios de los subdesarrollados (como materias primas), a la vez que éstos reciben asistencia incrementando la dependencia, como la tecnológica, mediante privatizaciones y deuda externa (Peralta Ramos, 1973 y Valcárcel, 2006).

Es decir, que mientras los enfoques y las teorías políticas, económicas y de las relaciones internacionales dominantes situaban los grandes problemas y obstáculos para el desarrollo económico de las sociedades -organización social, cultura, tradiciones e instituciones políticas, etc.- del llamado Tercer Mundo, los enfoques marxistas concibieron y explicaron el atraso y el subdesarrollo como una consecuencia directa del proceso de desarrollo del sistema capitalista mundial de su reproducción tendencial e histórica. En otras palabras, el atraso, el estancamiento y la dependencia de los países de la periferia del sistema mundial es el resultado del proceso dialéctico de explotación que han experimentado estos países en manos de las potencias centrales del capitalismo internacional (Dos Santos, 1997).

Cabe destacar que la humanidad vive en una época de enormes transformaciones demográficas, tecnológicas y económicas. Entonces, en un intento por asegurar que los cambios que la afectan sean beneficiosos, la comunidad mundial ha iniciado el proceso de redefinición del progreso. Este intento de redefinir el progreso es lo que se conoce como **desarrollo sostenible** (Gallopín, 2003). La calificación *sostenible*, proveniente de la biología de las poblaciones, es la posibilidad de extraer recursos renovables concebida dentro de las tasas de renovación y reproducción. Es decir, se incorpora una dimensión ambiental que excede al marco conceptual del desarrollo convencional, postulando que el desarrollo debe ser orientado a la satisfacción de las necesidades humanas, y se extiende un compromiso a las generaciones futuras; se admite la existencia de límites, pero se aclara que es orientado al crecimiento económico. Así es que se postula un mutuo condicionamiento entre la economía y la ecología, entre el crecimiento y la conservación.

Sin embargo, se origina una contradicción. Ésta es que nada físico puede crecer ilimitadamente. Allí surge una nueva definición que implica no rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas. Por lo tanto, se visualiza un nuevo reclamo que implica cambios en la ética. Además, reconocer que el desarrollo tiene una base ideológica, indica que en la formulación de alternativas se deberá poner esto en discusión (Gugynas, 2012).

Luego, las **éticas** que han evolucionado hasta el momento, según Leopold (2007), estas descansan sobre una sola premisa, a saber, el individuo es miembro de una comunidad cuyas partes son interdependientes. Esto implica que sus instintos lo llevan a competir por un lugar en esa comunidad pero su ética lo incita a cooperar.

Sin embargo, la ética de la sociedad hoy dominante es utilitarista y antropocéntrica. El ser humano estima que todo se ordena hacia él; se considera señor y patrón de la naturaleza puesto allí para satisfacer sus necesidades y realizar sus deseos. Este posicionamiento se conoce como **Antropocentrismo** pues valora solamente al ser humano y considera que todo lo que lo rodea, “su ambiente”, es sólo un recurso para él. Es el triunfo ideológico del industrialismo. Lleva a pensar el bienestar humano en función de un nivel de vida elevado, determinado por el consumismo, abnegación y sacrificio (McLaughlin, 1999).

Alternativamente, Boff (s/r) postula que el ser humano vive éticamente cuando deja de estar sobre los otros para estar junto a los otros. Cuando se hace capaz de entender las exigencias del equilibrio ecológico, de los seres humanos con la naturaleza y con otros seres humanos, y en nombre de tal equilibrio impone límites a sus propios deseos. Él no es, solamente, un ser de deseos, sino también de solidaridad y de comunión. Cuando asume la función/vocación de administrador responsable, de ángel de la guarda y celador de la creación, entonces vive la dimensión ética inscrita en su ser. De aquí se desprende que, por el camino de una **Ética**

Ecológica, fundada en el respeto a la alteridad, en la acogida de las diferencias, en la solidaridad y en la potenciación de la singularidad, se deja atrás el paradigma utilitario dominante que tanto amenaza la vida y la paz entre los seres de la naturaleza. Ese camino conduce a una etapa más alta de la reflexión y el compromiso hacia un cambio de paradigma: de una economía de desarrollo ilimitado a una economía de lo suficiente.

Además, los conceptos tomados de la Física y de la Biología se han utilizado para entender el carácter sistémico de los organismos vivos y el cosmos, captar la naturaleza como un todo orgánico. Por ejemplo, la hipótesis de **Gaia** considera a la Tierra como un sistema complejo único, un organismo vivo. En ella, todos los seres cuentan y poseen su propia autonomía, y se desplaza a los seres humanos del centro de la creación o del vértice superior de la pirámide. Es una propuesta que intenta una identificación del hombre con el mundo no humano de manera amplia, promoviendo un enriquecimiento del yo, más allá del individuo. Es una nueva “conciencia ecológica” que constituye una ética diferente y nuevas formas de conducta. La ética de la tierra amplía los límites de la comunidad para incluir los suelos, aguas, plantas animales, o colectivamente, la Tierra. (Boff, L s/r; Dobson, A. 1997; Leopold, A. 2007).

En este sentido, existen otro tipo de corrientes, las se preocupan por el bienestar de todos los seres vivos. Una de ellas es el **Ecocentrismo** centrada en preservar ecosistemas (comunidades de seres vivos, sus relaciones y con el mundo inanimado) y especies; el **Biocentrismo** en la preservación de cada individuo en particular. La segunda considera el valor intrínseco de cada especie y postula la necesidad de establecer una democracia biocéntrica, ya que el ser humano es una más de todas las especies de la Naturaleza. Ambas corrientes, entre otras, se oponen al antropocentrismo ya que rechazan la separación del hombre de la sociedad y de la Naturaleza (Dobson, A. 1997).

Entonces, si retomamos la discusión acerca del desarrollo sostenible, ahora considerando aspectos éticos e ideológicos en los discursos, encontramos autores críticos como Fernández (2000), quien destaca que hay un discurso dominante en el que se propone un salvataje global de la producción capitalista, insinuando que posteriormente se dará cierta redistribución de los beneficios transformativos de un capital natural mejor administrado, mediante acuerdos internacionales. Desde su perspectiva, es preciso centrar la sustentabilidad no en la defensa del modo productivo sino de su soporte natural.

En esta instancia, vale aclarar que, la perspectiva mencionada responde aquellos autores que se sitúan en la geopolítica americana. Considerando nuestro continente como un reservorio natural principal, la teoría de la sustentabilidad debe ser redefinida. Es decir, desde la base del capital de los recursos naturales, es necesario reorientar la dinámica pura del mercado respecto de tales recursos. Esto es, redefiniendo los conceptos de propiedad y función que a tales recursos

le asigna el Estado, mediante una nueva situación de **derechos comunes** acerca de dichos recursos, o empoderando el papel de la comunidad como renovado sujeto eminente en la definición del manejo sustentable de dicho capital natural (Fernández, 2000).

En esta perspectiva, Leff (1995) remarca que el desarrollo sustentable encuentra sus raíces en las condiciones de diversidad ecológica y cultural. Los procesos materiales y singulares y no reductibles, dependen de las estructuras funcionales de los ecosistemas que sostienen la producción de recursos bióticos y servicios ambientales; de la eficiencia energética de los procesos tecnológicos; de los procesos simbólicos y las formaciones ideológicas que subyacen en la valorización cultural de los recursos naturales; de los procesos políticos que determinan la apropiación de la naturaleza. Además, destaca que:

“la reapropiación de la naturaleza trae de nuevo la cuestión casi olvidada de la lucha de clases, esta vez no por la apropiación de los medios industrializados sino de los medios y las condiciones naturales de la producción. Pero a diferencia de la apropiación de los medios de producción, guiada por una concepción unidimensional del desarrollo de los medios técnicos de producción y de las fuerzas naturales constreñidas por la tecnología, el **ambientalismo** plantea la apropiación de la naturaleza dentro de un nuevo concepto de producción que orienta estrategias alternativas de uso de los recursos” (Leff, 1995, p.33.)

Finalmente, considerando además de los aspectos éticos e ideológicos, los aspectos económicos permiten reconocer al menos tres tipos de discursos:

- en un extremo, están aquellos que responden al modelo productivo de crecimiento continuo de la economía del sistema capitalista neoliberal globalizado, el que llamaremos de “Desarrollo Insustentable”, conocida como la Economía Marrón, de explotación irracional e irresponsable, en pos del crecimiento de las empresas transnacionales y los intereses del capital financiero internacional. Son quienes responden a la ética antropocentrista;

- quienes promulgan la Economía Verde como una alternativa amigable con el ambiente, que propone utilizar los recursos renovables dentro del marco de su capacidad regenerativa, compensar la pérdida de recursos no renovables mediante la creación de sustitutos renovables, limitar la contaminación dentro de la capacidad de absorción de la naturaleza y mantener la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. Utilizan el lema de las 3R, reciclar, reutilizar y reducir. Dentro del sistema, las actividades incluyen producción, distribución, consumo e intercambio de bienes y servicios en pos de un bienestar humano a largo plazo mediante el “Desarrollo Sustentable” (discurso dominante). Esto implica una expansión de las actividades

humanas que conlleven mayores beneficios económicos para muchos, mejores empleos y una salvaguarda ambiental, acompañado por más y mejores tecnologías. Pareciera un ajuste verde y de eficiencia en el uso de recursos, significa una reorientación del camino insostenible que lleva el sistema de crecimiento planetario actual (Pengue, 2012). También responde a la ética antropocentrista.

- en el otro extremo están aquellos que cuestionan el modelo de producción de crecimiento de la economía ilimitado, que explota al hombre y a la naturaleza en pos del enriquecimiento de unos pocos. Son quienes responden a una ética ecocentrista. Ellos levantan la bandera de la cuarta R, rechazar la compra de productos que no necesitamos, es decir, la búsqueda de un bienestar verdadero, es decir, sin la necesidad de saciar el apetito consumista. Algunos ejemplos son los de quienes proponen el decrecimiento de la economía, actividades a escala reducida, relocalización, eficiencia, cooperación, autoproducción e intercambio, durabilidad y sobriedad (Pengue, 2012); aquellos que proponen una Economía Solidaria; Economía Ecológica; Economía de los Suficiente (Boff, s/r); el Buen Vivir de las comunidades indígenas andinas de Latinoamérica, como oposición al *vivir mejor*; el modelo de vida o desarrollo propio, endógeno, sostenible (Pengue, 2012); el de la “No dependencia”, mediante el impulso de la autonomía científica y tecnológica (Varsavsky, 1969), entre otros.

1.3 Desarrollo epistemológico.

1.3.1. Paradigma crítico.

La **Química** es una ciencia empírico-analítica, es decir, se enmarca dentro de aquellas que estudian la realidad, recogiendo datos cuantitativos y luego prosigue con la interpretación de dicha realidad. Nuestro interés excede estas cualidades por lo que nos posicionamos en el **Paradigma Crítico**.

El enfoque crítico no se limita a indagar, obtener datos y comprender la realidad en la que se inserta la investigación, sino que tiene como objetivo provocar transformaciones sociales en los contextos en los que se interviene (Marx, 1845). Consideramos apropiado situarnos en este paradigma, pues incorpora las prácticas y fines de las metodologías empírico-analítica y constructivista, en los que se sostienen las publicaciones científicas, pero además, y principalmente, se centra en el análisis crítico de la ideología dominante (Aguilar, 2007; Del Rincón y otros, 1995) y ese es el propósito de la tesis de maestría.

Por otro lado, según Gallopín y colaboradores (2001) la ciencia de la actualidad es el resultado de la evolución constante a lo largo de su historia. Hasta la Segunda Guerra mundial, la forma predominante era la investigación académica. Luego, se dio el predominio de la investigación industrializada. En ambas, la investigación científica era orientada por una misión, pero fueron los investigadores quienes sufrieron una modificación, pues inicialmente eran una especie de artesanos independientes, y luego se convirtieron en alguna clase de empleados (del Estado, de empresas nacionales o multinacionales).

Asimismo, la información pública, que era su forma asociada de propiedad intelectual, está siendo rápidamente reemplazada en los principales campos (como la biotecnología) por los conocimientos corporativos. Consecuentemente, se ha eliminado la antigua distinción entre los términos descubrimiento e invención. Esto se fundamenta por el registro de los mismos como propiedad privada en el sistema de patentes, por ejemplo, el patentamiento de genes, los cuales no han sido inventados, sino que su secuencia de nucleótidos y la función para la que ésta codifica, ha sido descubierta por el investigador.

Como mencionamos más arriba, en la actualidad, el paradigma predominante corresponde a la corriente analítica. Esta centra la investigación en las partes de un todo, en determinados componentes de un sistema. Es decir, surge de las tradiciones de la ciencia experimental, que centra su atención en un objeto lo suficientemente delimitado con el fin de plantear hipótesis, recopilar datos y diseñar nuevas críticas para rechazar hipótesis inválidas. Debido a su base experimental, la escala de trabajo definida suele ser pequeña en el espacio y breve en el tiempo.

Por otro lado, ha surgido una alternativa, la **corriente integradora**, cuya premisa es que el

conocimiento del sistema siempre es incompleto. Esta considera que es inevitable la sorpresa y poco frecuente la unanimidad entre los pares, pues sólo se generan acuerdos en una línea cada vez más creíble de argumentos probados. Aquí se postula que no sólo es incompleta la ciencia, sino que el propio sistema es un “blanco en movimiento”, que evoluciona debido a los impactos de la gestión y de la progresiva expansión de la escala de influencias del ser humano sobre el planeta (Gallopín y otros, 2001). Según lo anteriormente descrito, esta corriente pertenece al paradigma crítico y parte de la búsqueda de una **Ciencia para el siglo XXI**. Según los propios investigadores, surge como respuesta al hecho de que la complejidad de las situaciones y problemas ha aumentado rápidamente en los últimos decenios (Gallopín 1999). El incremento de la complejidad, según Gallopín y colaboradores (2001,p.6) se debe a diversas razones:

“... - cambios ontológicos: los cambios provocados por el hombre a ritmos y escalas sin precedentes y cuyo resultado es la creciente interconexión e interdependencia en numerosos niveles;

- cambios epistemológicos: cambios en la comprensión del mundo relacionados con la conciencia científica moderna de la conducta de los sistemas complejos, entre ellos el reconocimiento de que lo no predecible y la sorpresa quizá se encuentren en los tejidos mismos de la realidad, no sólo en el nivel microscópico sino también en el nivel macroscópico;

- cambios en la toma de decisiones: en muchas partes del mundo, se abre camino un estilo más participativo en la toma de decisiones que reemplaza a los estilos tecnocráticos y autoritarios. Esto, junto con la aceptación cada vez más amplia de otros criterios, como el ambiente, los derechos humanos, el género y otros, así como el surgimiento de nuevos actores sociales, como las organizaciones no gubernamentales y las empresas transnacionales, conduce a un aumento del número de dimensiones utilizadas para definir los temas, problemas y soluciones y, por ende, a una mayor complejidad...”.

Ahora bien, es necesario considerar qué entienden estos investigadores por **complejidad**. Ellos sostienen que ésta no es un resultado automático del aumento del número de elementos y/o relaciones en un sistema. Para ellos, los sistemas complejos generalmente muestran un cierto número de atributos, que dificultan tanto su comprensión como su gestión, que enumeramos a continuación:

“... -la multiplicidad de perspectivas legítimas. Por ejemplo, es difícil entender un sistema adaptativo sin considerar también su contexto; no se puede alcanzar la solución de un conflicto por una cuestión de propiedad común sin tener en cuenta las perspectivas y los intereses de los diferentes participantes (sin que ninguna sea la perspectiva

"correcta" o "verdadera").

- la no linealidad. Los sistemas complejos son no lineales, en el sentido de que muchas relaciones entre sus elementos son no lineales, por lo cual la magnitud de los efectos no son proporcionales a la magnitud de las causas, y en un repertorio muy nutrido de comportamientos (por ejemplo, comportamiento caótico, multi-estabilidad debido a la existencia de estados estables alternativos, procesos descontrolados, etc.). Las no linealidades desempeñan un papel decisivo en la generación del comportamiento contraintuitivo típico de muchos sistemas complejos.

- la emergencia. Partiendo de la frase "el todo es más que la suma de sus partes", ésta es una propiedad sistémica, e implica que las propiedades de las partes se pueden entender sólo en el contexto del todo más amplio y que el todo no puede ser analizado (sin residuos) en función de sus partes. La verdadera novedad puede surgir de las interacciones entre los elementos del sistema.

- la autoorganización. Es el fenómeno por el cual los componentes en interacción colaboran para producir estructuras y comportamientos coordinados a gran escala (como los patrones creados por las estructuras disipativas estudiadas por Prigogine (ver más abajo).

- la multiplicidad de escalas. Muchos sistemas complejos son jerárquicos en el sentido de que cada elemento del sistema es un subsistema de un orden menor, y el propio sistema es un subsistema de un "suprasistema" de un orden mayor. Particularmente, en muchos sistemas complejos hay un fuerte acoplamiento entre los diferentes niveles y, por lo tanto, se debe analizar o gestionar el sistema en más de una escala simultáneamente. Sin embargo, los sistemas en diferentes niveles de escala tienen diferentes tipos de interacción, y diferentes ritmos característicos de cambio. Por lo tanto, es imposible tener una perspectiva única, correcta, que lo abarque todo de un sistema, incluso en uno de los niveles del sistema. La pluralidad y la incertidumbre son inherentes al comportamiento de los sistemas.

- la incertidumbre irreductible. Muchas fuentes de incertidumbre surgen en los sistemas complejos. Algunas son reductibles con más datos y con investigaciones complementarias, como la incertidumbre debida a procesos aleatorios (sometible a análisis estadístico o probabilístico) o debida a la ignorancia (por falta de datos, por conjuntos inapropiados de datos, por definición incompleta del sistema y sus fronteras, o por comprensión incompleta o inadecuada del sistema)", (Gallopín y otros 2001, p 8-10).

En este sentido, traemos un ejemplo de interés. Prigogine demostró que la nueva estructura

sistémica que surge de la reorganización de los elementos de un sistema puede ser inherentemente impredecible incluso en sistemas químicos sencillos (Nicolis y Prigogine, 1977). Así es que, el principio de incertidumbre de Heisenberg de 1901¹³, que fue postulado inicialmente para sistemas de electrones, puede extrapolarse a sistemas sociales, donde los actos de observación y análisis se convierten en parte de la actividad del sistema estudiado y, por lo tanto, influyen en él de diversas maneras (Gallopín y otros 2001).

1.3.2. Ciencia Posnormal.

Recordemos que anteriormente señalamos que uno de los fundadores de la QV, Warner, consideraba necesario distinguirla como un campo científico y no un movimiento político o social (Warner en Sanderson, 2011, s/p). Este es el posicionamiento de un investigador empírico-analítico.

Por otro lado, desde el paradigma crítico, Funtowicz y Ravetz (1994) destacaron la importancia de la participación ciudadana y su vinculación con la ciencia para resolver los problemas ambientales. Ellos sostienen que la ciencia evoluciona respondiendo a los desafíos principales de cada época. Además, enuncian que en la actualidad los problemas más grandes de la humanidad conciernen a los problemas de riesgo ambiental global y a los de equidad entre los pueblos, reconociendo la interdependencia de los pueblos y la vinculación entre regiones de nuestro mundo globalizado. También argumentan que, para responder a estas urgencias, se están superando las dicotomías científicas tradicionales (ciencias duras/blandas, naturales/ sociales) y las simplificaciones de la cosmovisión reduccionista analítica, mediante el diálogo entre disciplinas y formas de conocimiento diferentes a las conocidas en la civilización occidental moderna. Sostienen que esto es debido a que ninguna tradición cultural puede dar todas las respuestas, por sí sola, que exigen los problemas del planeta. Es decir, dichos autores plantean que un nuevo tipo de ciencia está surgiendo, con nueva tecnología que refleja y ayuda a guiar el desarrollo. Ellos acuñaron el concepto de **Ciencia Posnormal**. El nombre indica que las operaciones de la ciencia normal, difíciles de resolver en el sentido kuhniano, y que con tanto éxito se extendían (del laboratorio de ciencia pura a la conquista de la naturaleza por medio de la ciencia aplicada) ya no son más adecuados para resolver los problemas sociales (Munda, 2002).

Asimismo, desde la Ciencia Posnormal se generaron aportes desde dos aspectos cruciales de la ciencia en el campo de la política: incertidumbre y conflicto de valores. Por un lado, el primer aspecto es el de la *calidad de la información*, analizada en términos de incertidumbres en el conocimiento y en las funciones de información, y por otro, un aspecto referido a las *estrategias de resolución de problemas* en términos de incertidumbres cognoscitivas y éticas. Además, en

¹³ El **principio de incertidumbre** o principio de indeterminación, postula que es imposible medir simultáneamente, y con precisión absoluta, el valor de la posición y la cantidad de movimiento de una partícula.

cuanto a temas políticos, afirman que la ciencia no puede aportar certeza en las recomendaciones para la resolución de problemas, por lo que no se pueden ignorar los valores en conflicto. De este modo, el aporte no es sólo hacia la ciencia, sino que es también hacia la democracia, extendiendo la legitimación de nuevos participantes en diálogos políticos.

1.3.3. Aportes desde América Latina. Aspectos tecnogenológicos y evaluación multicriterio.

Amílcar Herrera (1987), un referente argentino de la corriente de pensamiento latinoamericano sobre Ciencia y Tecnología, ya en la década de 1970 expuso que en América Latina existen interesados en romper con la estructura del subdesarrollo. Entre ellos hubo un acuerdo general basado en que es necesario impulsar el progreso científico y tecnológico de los países de la región. Sin embargo, no se ha dado el mismo acuerdo en cuanto a la manera de conseguir ese objetivo. Al respecto, se encontraron dos alternativas propuestas. Por un lado, una línea favorecida por muchos economistas y políticos, la del desarrollo científico análogo al nivel de los países desarrollados, que es demasiado caro, difícil y a largo plazo. Herrera señala que esta línea se limita a copiar y trasplantar lo que se produce en los países adelantados, y está fuera de nuestras posibilidades en el futuro previsible. La otra línea de pensamiento propone la creación de una capacidad científica y tecnológica autónoma, en términos de medios y objetivos.

Asimismo, cabe preguntarse si la humanidad está avanzando hacia escenarios más seguros de desarrollo. La respuesta nos remite a indagar si el desarrollo tecnológico es acompañado o no con el mismo nivel de análisis, dedicación y recursos que las cuestiones vinculadas al riesgo (Pengue, 2012). En este sentido, a fines de la década de 1980, el Dr. Guillermo Eguiazu postuló la necesidad del desarrollo de una ciencia que tenga como objeto de estudio “el Error o Defecto in-manente y oculto en la Técnica con consecuencias negativas para la Salud Humana”. A la ciencia la denominó **Tecnogenología** y a su objeto de estudio **Tecnogenia** (Eguiazu y Motta, 1997). Así pues, uno de los puntos de partida para este nuevo paradigma fue la consideración del tiempo necesario para evaluar una técnica antes de lanzarla al mercado. Dicho de otro modo, cuanto más innovadora es una tecnología, mayor es la presión del mercado para lanzarla y obtener sus réditos económicos, y simultáneamente menor el tiempo de evaluación o, ni siquiera se permite el desarrollo de los métodos de evaluación. Un ejemplo es el de los organismos genéticamente modificados. Es paradójico que cuanto más se apunta a lo molecular, a lo genético, mayor presión de mercado, menor tiempo de evaluación. Esta misma presión llevó a silenciar las voces de los científicos críticos que instalaron la necesidad de Tecnogenología en la UNR.

Desde otra arista, incorporamos en esta sección al italiano Giuseppe Munda (2002) debido a

su congruencia, aunque no pertenece a este grupo de autores latinoamericanos. Él describe una teoría respecto de la toma de decisiones referidas a cuestiones ambientales, políticas, económicas o sociales, relacionada con la crítica a la conmensurabilidad. El autor remarca que cuando se usa la ciencia en aspectos que conciernen a las políticas, los “profanos” (refiriéndose a los jueces, periodistas, científicos de otras disciplinas, o los ciudadanos) a menudo dominan suficientemente la metodología en cuestión como para volverse participantes efectivos en el diálogo. De este modo, se extiende la comunidad involucrada, lo que es esencial para mantener la calidad del proceso de resolución de sistemas complejos. Consecuentemente, se enriquece la gestión de la calidad al incluir esta multiplicidad de participantes y perspectivas. Asimismo, los criterios de calidad en este nuevo paradigma presupondrán principios éticos, siendo éstos explícitos y formarán parte del diálogo.

Finalmente, el asunto no radica discernir si el mercado es lo único que puede determinar valor. Es decir, el interés desde esta perspectiva está en la suposición que en cualquier diálogo, todas las valuaciones deberían ser reducibles a un único estándar unidimensional (Funtowicz y Ravetz, 1994).

Por otro lado, Munda (2002) destaca que, tradicionalmente, los criterios de eficiencia fueron utilizados como los criterios fundamentales para evaluar el desarrollo económico, la mejora en el bienestar, las perspectivas de crecimiento y el valor social de planes. Sin embargo, durante las tres últimas décadas, quedó sobreentendido que el bienestar es una variable multidimensional. Consecuentemente, toda evaluación sistemática de planes o proyectos públicos debe estar basada en la distinción y en la medición de un conjunto amplio de criterios. Por lo tanto, las **Técnicas de Evaluación Multicriterio** son una herramienta apropiada para servir de modelo. Esto se evidencia notando que cualquier enfoque de los problemas en cuestión, operacionalizado mediante un marco multicriterio transparente, participativo y consistente, pueden ser viabilizado tanto por la filosofía analítica, las teorías de complejidad, la Ciencia Posnormal o las teorías recientes de racionalidad.

Según Pengue (2009), la **Teoría de Decisión Multicriterial** se aplica cuando se ha de decidir entre diversas alternativas. Frecuentemente se pretenden maximizar o minimizar diversos criterios contradictorios entre sí, lo que implica establecer un compromiso entre los objetivos. Es decir, se busca integrar diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis para dar una visión integral, con el fin de tener un mejor acercamiento a la realidad. En este sentido, el mencionado autor (2012) explica por qué se debe tener ciertas precauciones acerca de lo que se enuncia en nombre de la ciencia. El autor enuncia que el conocimiento científico, es un saber que debe ser cuestionado al momento de considerarlo parte de un criterio de análisis de los

problemas reales de la sociedad. Esto lo justifica explicando que el sistema científico está apuntado a muchos de los lineamientos que les sugiere el mercado. Además, aclara que éste es un conocimiento que se crea, se reproduce y se encapsula. Es decir, “se investiga para seguir generando conocimiento que coloque productos cuyos beneficios puedan ser apropiables por los generadores de esa información”.

Capítulo 2. Estrategia metodológica para el análisis de publicaciones científicas.

En este trabajo de tesis relevamos un repertorio de artículos científicos de QV mediante un estudio bibliométrico y un análisis del discurso. A continuación describimos las unidades de análisis, los criterios de selección y la metodología empleada.

2.1. Artículos, revistas y discurso científico

Las **revistas científicas** han sido el principal vehículo de transmisión de conocimientos entre los investigadores y la comunidad científica, desde el siglo XVIII. Éstas persiguen el objetivo de presentar, divulgar, discutir y analizar los resultados de las investigaciones. Asimismo, presentan diferentes tipos de publicaciones o artículos científicos. En este sentido, nuestra principal atención se centra en los **artículos originales**. Estos son resultado de un proceso de investigación que parte de una hipótesis de trabajo y de unos objetivos específicos para llegar unas conclusiones concretas, mostrando además unos resultados científicos determinados, así como la discusión y análisis de éstos. Además nos interesan los porcentajes de **artículos de revisión** publicados. Dicho interés reside en que estas publicaciones se caracterizan por ser textos que de forma completa, estructurada y sencilla aportan una visión general sobre un tema desde todas sus posibles perspectivas, ofreciendo una síntesis de los conocimientos actuales disponibles al respecto. De este modo, la cuantificación del porcentaje de este último tipo de artículos publicados, permite inferir acerca de la consolidación y legitimación de la propuesta en cuestión (Reverter Masià y Hernández González, 2012).

Asimismo, consideramos que las publicaciones científicas contienen y representan, en gran medida, el **discurso científico** reconocido hegemonícamente, por ser éstas validadas a través de un sistema de reconocimiento interno que otorga legitimidad a las publicaciones que se difunden. Asimismo, los artículos y revistas que conformaran el universo en estudio pueden ser tomados como productos legitimados y validados en el área del saber que se aborda en esta investigación y como productos esenciales de divulgación de los saberes en torno a la QV que intentamos problematizar.

De este modo, el análisis de las publicaciones nos permite revisar la producción discursiva de la comunidad científica en un momento determinado. De acuerdo con esto, Nicolás y Saperas (2015, p. 5) sostienen que:

“[...] las publicaciones periódicas constituyen el vehículo adecuado para la presentación de la investigación última, pues el lapso entre producción y publicación no suele demorarse en exceso. Son, por tanto, el indicador más fiable de las líneas de investigación abiertas, y allí se expresan de la manera más

actualizada los intereses de conocimiento de la comunidad científica en un momento determinado”.

2.2. Bibliometría

La metodología propuesta para nuestro propósito responde a la **Bibliometría**. Esta surge a principios del siglo pasado frente a necesidad de efectuar un recuento de las publicaciones existentes que empezaban a ser inasequibles a los investigadores por el gran volumen que estaban alcanzando. El término fue acuñado por Otlet en el año 1934 para identificar la técnica que trataba de cuantificar la ciencia y a los científicos. Así pues, la bibliometría tiene carácter multidisciplinar pues toma técnicas de la estadística para realizar sus estudios y se ayuda de la informática para construir los resultados por medio de hojas de cálculo o programas de computación, además de contar con la utilización de las bases de datos que contienen los documentos que analiza (Carrizo Sainero, 2000). Actualmente, el tratamiento y manejo de la literatura científica por medios cuantitativos de recuento y análisis sirve, además de para analizar el volumen de publicaciones, la productividad de autores y revistas, para abordar en un sentido más amplio, el conocimiento de los procesos y la tendencia de las ciencias. Es decir, basados en recursos cuantitativos y analíticos, que mediante la aplicación de estadística descriptiva, análisis multidimensional y representaciones gráficas, la bibliometría permite medir ciertas variables vinculadas al desarrollo de la ciencia.

Por otro lado, este método es de gran utilidad en la política científica ya que ayuda a direccionar la formulación de planes y estrategias para orientar las dinámicas de desarrollo de la producción de conocimiento de una comunidad (Aguilar y otros, 2007). Todo esto es posible debido a que el objetivo del método apunta al aspecto estadístico del lenguaje, es decir, a medir la frecuencia de uso de palabras, frases en materiales impresos o electrónicos, así como los vínculos que resultan de la relación autor/productividad, institución/país/producción, las características de las fuentes de publicación, las citas que se hacen en las publicaciones, los autores citados, las auto-citas, las co-citaciones, países e instituciones que producen documentos, entre otros (Jiménez, 2004 en Aguilar y otros, 2007).

2.3. Selección de artículos.

El estudio propuesto de descripción de la evolución de la QV y análisis del discurso consolidado en el *statu quo* fue realizado en tres etapas. Inicialmente realizamos un análisis estadístico clásico descriptivo, luego uno multidimensional y finalmente uno en profundidad sobre una selección de trabajos científicos.

Los artículos seleccionados fueron de tipo artículo original, recabados de la base de datos

bibliográficos multidisciplinar del grupo *Elsevier*, conocida como *Science Direct*. Esta base de datos consiste en una plataforma electrónica que ofrece artículos escritos por investigadores de renombre internacional en texto completo. Sin embargo, la mayoría de los mismos son restringidos exclusivamente para quienes cuentan con la suscripción, es decir, no son de acceso libre.

La misma permite el acceso a 2500 revistas reconocidas en todo el mundo, con más de nueve millones de artículos en las áreas científica, tecnológica y médica, representando aproximadamente 25% de la producción científica mundial¹⁴. Además, dichas revistas fueron seleccionadas de modo de poder abordar las publicaciones con mayor legitimación en el *statu quo*. Esto lo logramos centrando nuestro estudio en aquellas revistas que presentan mayor índice de impacto¹⁵. Por ello, las seleccionadas fueron las siguientes:

- *Tetrahedron*: publica resultados de investigaciones experimentales y teóricas en el campo de la química orgánica y su aplicación a las disciplinas relacionadas con la química, especialmente bio-orgánica. Las áreas cubiertas por esta revista incluyen las múltiples facetas de la síntesis orgánica, reacciones orgánicas, química de productos naturales, estudios de mecanismo de reacción y los diversos aspectos de la espectroscopía.

- *Talanta*: proporciona un foro para la publicación de trabajos originales de investigación, comunicaciones preliminares y reseñas críticas en todas las ramas de la química analítica básica y aplicada en áreas como la química clínica y biológica, análisis ambiental, la geoquímica, la ciencia de los materiales y la ingeniería.

- El *Journal of Chromatography A*: presenta un foro para la publicación de investigaciones originales y revisiones críticas sobre todos los aspectos de la ciencia básica y aplicada de la separación. Las contribuciones consisten principalmente en trabajos de investigación que se ocupan de la teoría de los métodos de separación, desarrollos instrumentales y aplicaciones analíticas y preparativas de interés general.

- *Analytica Chimica Acta*: habilita la publicación de investigaciones originales, revisiones críticas y trata todos los aspectos de la ciencia analítica moderna básica y aplicada. Los artículos originales presentan investigaciones fundamentales sobre todos los aspectos de la teoría y la metodología analítica (incluyendo técnicas quimiométricas), tales como los enfoques innovadores de instrumental, químicas y biológicas, detectores y sensores, los métodos de

¹⁴ <http://www.americalatina.elsevier.com>

¹⁵ El **índice o factor de impacto** es una medida de la importancia de una publicación científica. Cada año, este parámetro es calculado por el Instituto para la Información Científica (*ISI* o *Institute for Scientific Information*) para aquellas publicaciones a las que da seguimiento, las cuales son publicadas en un informe de citas llamado *Journal Citation Reports*. Además, el factor de impacto tiene una gran influencia, pero controvertida, en cuanto a la forma en que las publicaciones científicas de investigación son percibidas y evaluadas.

tratamiento de la muestra y el tratamiento de datos.

- *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* contiene documentos completos que son contribuciones originales y académicos que examinan los aspectos moleculares y atómicos de los mecanismos de activación y de reacción catalítica en la catálisis homogénea, catálisis y la catálisis computacional. Esta revista se relaciona íntimamente con el noveno principio de la QV, que promueve el uso de catalizadores.

- *Journal of Molecular Liquids* incluye artículos de las áreas de los líquidos orgánicos, los iónicos, las soluciones acuosas, de tensoactivos, las coloidales y nanopartículas, los ferrofluidos, lubricantes polímeros, entre otros. Esta revista se vincula íntimamente con el quinto principio de la QV, el que apunta al desarrollo de solventes más seguros.

- *Food Chemistry*, presenta artículos de investigación originales relacionados con el adelanto de la química y bioquímica de los alimentos desde un enfoque analítico. Incluye la química de los aditivos alimentarios, contaminantes y otros productos agroquímicos, junto con su metabolismo, toxicología y el destino de los alimentos.

- *European Journal of Medicinal Chemistry* publica estudios sobre todos los aspectos de la química médica, como ser la síntesis orgánica, el comportamiento biológico, la actividad farmacológica, el diseño de fármacos, interacciones fármaco-receptor, entre otras¹⁶.

Posteriormente, definimos los **criterios de búsqueda** de los artículos en la plataforma digital SD. Todos los artículos presentan los términos que lo vinculan a la QV, como *green chemistry*, de acuerdo al idioma característico de esta plataforma¹⁷. Se realizó una búsqueda avanzada (*advanced search*) mediante los parámetros de búsqueda de expertos (*expert search*). Los campos de búsqueda se identifican en con la sigla TAK (*Title-Abstr-Key*), es decir, la misma se realizó en los campos Título, Resumen o Pabras Clave (en cualquiera de ellos, no es excluyente). Además, se refinaron los parámetros de búsqueda a todos los artículos de revistas científicas, excluyendo los libros, quedando tanto las de acceso libre como en las que requieren suscripción arancelada. Finalmente, se restringió a las publicaciones enmarcadas en la Ciencia Química, entre los años 2009 y 2015 inclusive¹⁸.

Una vez definidos los criterios de búsqueda, se prosiguió con la misma desde finales del mes de enero de 2016, es decir una vez estabilizada la base, pues la cantidad de artículos de 2015 no se mantuvieron constantes en la plataforma digital hasta ese momento. Definimos el periodo de publicación de interés, el que aborda las producciones publicadas en la actualidad, relevando los

¹⁶ Las características de las revistas fueron extraídas de la página web <http://www.sciencedirect.com/>.

¹⁷ Si bien la gran mayoría de los artículos se encuentran en el idioma Inglés, la plataforma permite identificar los artículos de QV que fueron publicados en español.

¹⁸ http://www.sciencedirect.com/science_ob=MiamiSearchURL&_method=requestForm&_temp=all_boolSearch.tpl&md5=052b06d957a9d8c82e07acf1d7eef1b7 (consultado en enero de 2016)

avances producidos en el marco de esta disciplina en el período mencionado. Dicho interés reside en analizar las producciones científicas una vez conformada y legitimada la propuesta por la comunidad científica, no en el momento de surgimiento (1998).

En ese período de siete años los resultados de la búsqueda se presentan en un corpus de 612 artículos¹⁹. Los mismos fueron filtrados según el índice de impacto de las revistas en las que fueron publicados. Finalmente, se obtuvo un conjunto de 194 trabajos científicos publicados en las doce revistas de mayor índice de impacto. A partir de este grupo, se excluyeron los artículos de revisión, quedando como resultado un total de 163 artículos, es decir, el 26,6 % cumplieron los criterios de búsqueda.

2.4. Análisis estadístico

Inicialmente descargamos de la plataforma digital SD la información de interés de los 163 artículos en formato de texto (.txt y .bib). Luego, a dicha información pudimos acceder utilizando un programa específico, Mendeley®²⁰ (.bib) y también en un documento de texto (.txt) para extraer los datos requeridos.

Por un lado, con la asistencia de un programador, ordenamos la información de las revistas, años, los autores, los laboratorios y países de origen de las 163 publicaciones en un formato específico para realizar el análisis estadístico clásico mediante una planilla de cálculo y el análisis detallado (ver apéndice).

Por otro lado, leyendo las secciones TAK de la muestra estudiada encontramos que sólo 152 artículos presentaron “QV” en dichas secciones. Es decir, pasaron el filtro de la plataforma SD pero no cumplieron los requisitos de búsqueda (“QV” estuvo presente en otras secciones).

A continuación, extrajimos la información de los artículos en una base de datos, según los objetivos de la presente tesis, y fue ordenada según las siguientes categorías o **variables teóricas**: CITA, REVISTA, AÑO, SUB-DISCIPLINA QUÍMICA, ALTERNATIVAS VERDES PROPUESTAS, NIVEL DE CAMBIO PROPUESTO, TÉRMINOS UTILIZADOS PARA NOMBRAR AL RIESGO, BLANCO DEL EFECTO, CONSIDERACIONES DE ÍNDOLE CREMATÍSTICA Y CONSIDERACIONES ACERCA DE LA SUSTENTABILIDAD. De éstas, sólo tres variables son de tipo excluyente (año, revista y sub-disciplina) y las restantes no lo son. Además, cada variable cuenta con determinados **indicadores** que fueron definidos a partir de los 12 principios de la QV y para analizar su posicionamiento y compromiso para con ellos. Los

¹⁹ Search results: 612 results found for pub-date > 2008 and pub-date < 2016 and tak ("green chemistry") [All Sources(Chemistry)] (http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-1002768615&_sort=r&_st=5&md5=4658a1fab496f8d715972e53a438fa4)

²⁰ Mendeley® es una aplicación web y de escritorio gratuita que permite gestionar y compartir referencias bibliográficas y documentos de investigación, encontrar nuevas referencias y documentos y colaborar en línea. Ambas aplicaciones se combinan en una de gestión de referencias bibliográficas y de documentos en formato PDF.

mismos se describen en el capítulo siguiente, sección 3.2.

Posteriormente, discriminamos la información de la base de datos con el fin de construir dos matrices que luego fueron sometidas a análisis multidimensional de correspondencias múltiples con el programa SPAD®²¹ (Aluja Banet y Morineau, 1999).

El análisis estadístico multidimensional o multivariado es una metodología que permite, mediante la selección de diferentes variables (descriptores observables), efectuar un análisis de las relaciones simultáneas entre las mismas (Alain Morineau, en Moscoloni, 2005). Tal estudio se genera mediante un **Análisis de Datos Multivariados** (AMD), el que tiene por objetivo el análisis estadístico de las diferentes variables medidas en elementos de una población (Moscoloni, 2005).

Dicho de otro modo, lo que se pretende es resumir el conjunto de numerosas variables en una pocas nuevas, construidas como transformaciones de las originales, con la mínima pérdida de información; encontrar agrupaciones de datos si es que existen; clasificar nuevas observaciones en grupos definidos y relacionar los conjuntos de variables. Esto se logra a partir de la información ordenada en una tabla de datos correspondiente a distintas variables medidas en los elementos de un conjunto (Asensio, 1989). Así pues, en la tabla o matriz de datos, las **escalas** fundamentales de medida pueden ser **nominal** (variables numéricas cuyos valores representan una categoría o identifican un grupo de pertenencia), **ordinal** (variables numéricas cuyos valores representan una categoría o identifican un grupo de pertenencia contando con un orden lógico), **de intervalo** (variables numéricas cuyos valores representan magnitudes y la distancia entre los números de su escala es igual), o **de razón** (variables que poseen las mismas características de las variables de intervalo, con la diferencia que cuentan con un cero absoluto; es decir, el valor cero (0) representa la ausencia total de medida, por lo que se puede realizar cualquier operación aritmética). Para hacerlo más sencillo, Munda (2004) denomina información **cualitativa** a la información medida en una escala nominal u ordinal, e información **cuantitativa** a la información medida en un intervalo o en una escala de razón.

2.5 Análisis del discurso de publicaciones seleccionadas.

Finalmente, seleccionamos los artículos más destacados de cada grupo de sendas matrices para realizar un análisis en profundidad. El análisis del discurso científico se realizó para evaluar los objetivos de cada publicación, discernir los posicionamientos éticos e ideológicos, analizar a qué paradigma científico responden los artículos y cuál es su consideración frente a la crisis ambiental.

²¹ System Protable pour l'Analyses de Donnés: SPAD® fue creado en 1985 por programadores franceses para llevar a cabo originalmente análisis de correspondencias múltiples, aunque permite todo tipo de análisis multivariado.

3.- Resultados

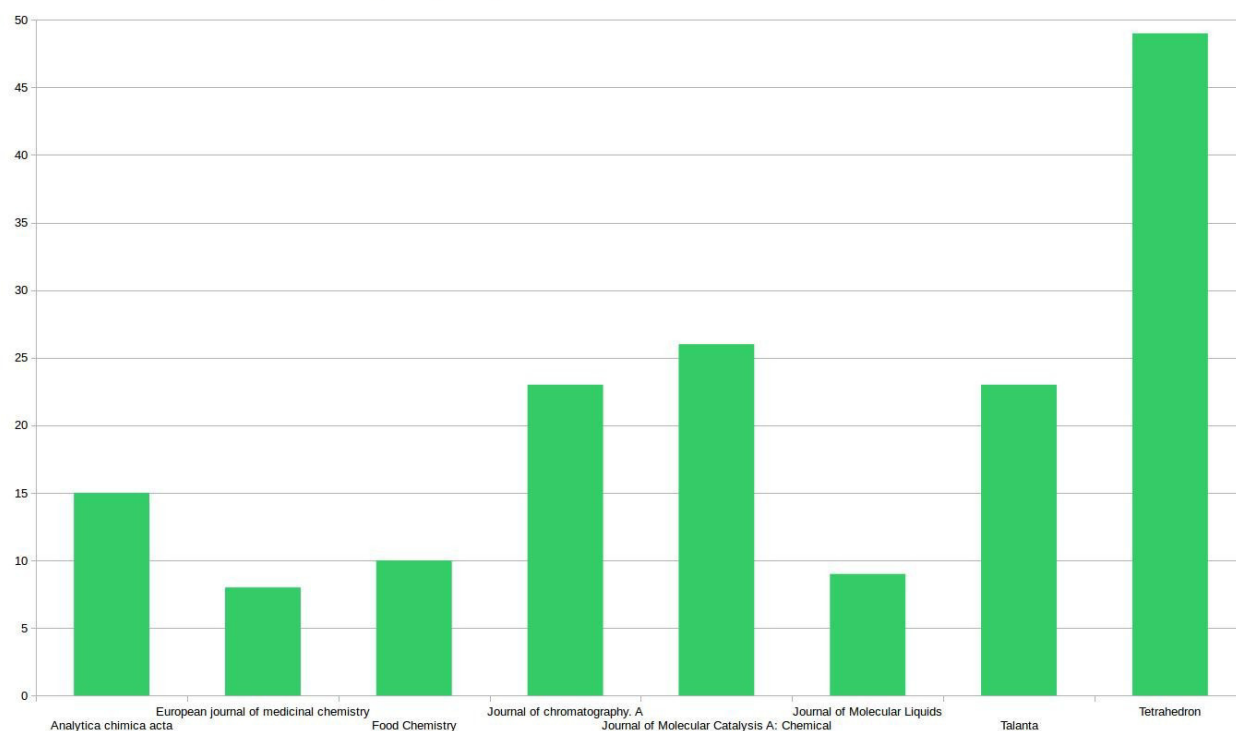
Este capítulo cuenta con tres secciones. Inicialmente presentamos una caracterización de la muestra mediante un análisis estadístico clásico descriptivo acerca de las publicaciones anuales, discriminado por revista y sobre la participación de los autores y sus países de origen. Luego mostramos el análisis estadístico de dos matrices construidas a partir de la información presente en las publicaciones. Para cada matriz, presentamos un análisis clásico y uno multivariado. Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, seleccionamos ocho artículos a los que les realizamos análisis del discurso en profundidad.

3.1. Caracterización de la muestra

3.1.1. Caracterización en función del tiempo y las revistas

En una primera instancia analizamos la cantidad de publicaciones perteneciente a cada revista en el período determinado a partir de los 163 artículos estudiados.

En la Figura 9 se presentan la cantidad de publicaciones por cada revista. Allí se observa que 49 artículos fueron publicados en la revista *Tetrahedron*, este valor corresponde al 30 % de las



publicaciones.

Figura 9. Gráfico que muestra la cantidad de publicaciones en cada revista a lo largo del período 2009-2015.

Ahora bien, si analizamos las publicaciones de revistas características de la química analítica, encontramos que el 37 % de los artículos fueron publicados en tres revistas diferentes. A saber,

en la revista *Talanta* se publicaron 23 artículos (14%), en *Journal of Chromatography A*, también 23 artículos (14%) y en *Analytica Chimica Acta*, 15 artículos (9%).

Además, encontramos 26 artículos (16%) publicados en *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, una revista que se relaciona íntimamente con el noveno principio de la QV, que promueve el uso de catalizadores.

Por otro lado, desde un aspecto fisicoquímico, encontramos 9 artículos (6%) publicados en el *Journal of Molecular Liquids*.

Por último, encontramos publicaciones en revistas de química exclusivamente aplicada a un área específica. Una es *Food Chemistry*, con 10 artículos publicados (6%). La otra es *European Journal of Medicinal Chemistry*, con 8 artículos publicados (5%).

A continuación, analizamos la cantidad de publicaciones realizadas cada año (Figura 10). En líneas generales, observamos que la cantidad de publicaciones fue incrementando desde el primer año estudiado (2009), partiendo de 11 artículos, hasta el sexto año (2014), con 33 artículos y, finalmente decrece a 26 en el último año. Considerando la cantidad de publicaciones por revista anuales, en la revista *Tetrahedron* (de la química orgánica) encontramos el mismo patrón que en el total, es decir, se observa un incremento del primer al sexto año y luego una disminución en el último año. Respecto a las publicaciones correspondientes a las revistas focalizadas en química analítica, no se observa ningún patrón para cada una de las tres revistas, es decir, varía aleatoriamente la cantidad de publicaciones. Pero si analizamos a las tres juntas, encontramos que la cantidad de publicaciones en los primeros tres años fueron 5 o 6, y en los últimos cuatro años oscila entre 10 y 12.

Respecto de las dos revistas vinculadas con los principios de la QV, catalizadores y solventes, puede observarse que las publicaciones de la revista *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* en los primeros dos años sólo presentó un artículo anual, en el tercer, cuarto, quinto y séptimo entre 5 y 6 artículos, y en el sexto sólo 2. Además, en *Journal of Molecular Liquids* observamos que las publicaciones comienzan en el quinto año estudiado con una cantidad variable entre 2 y 4 artículos. En *Food Chemistry*, los primeros dos años no presentó publicaciones, el tercero 4, y los restantes entre 1 y 2. Por su parte, *European Journal of Medicinal Chemistry*, presentó un máximo de 3 publicaciones anuales, exceptuando el cuarto y quinto año en los que no presentó ninguna.

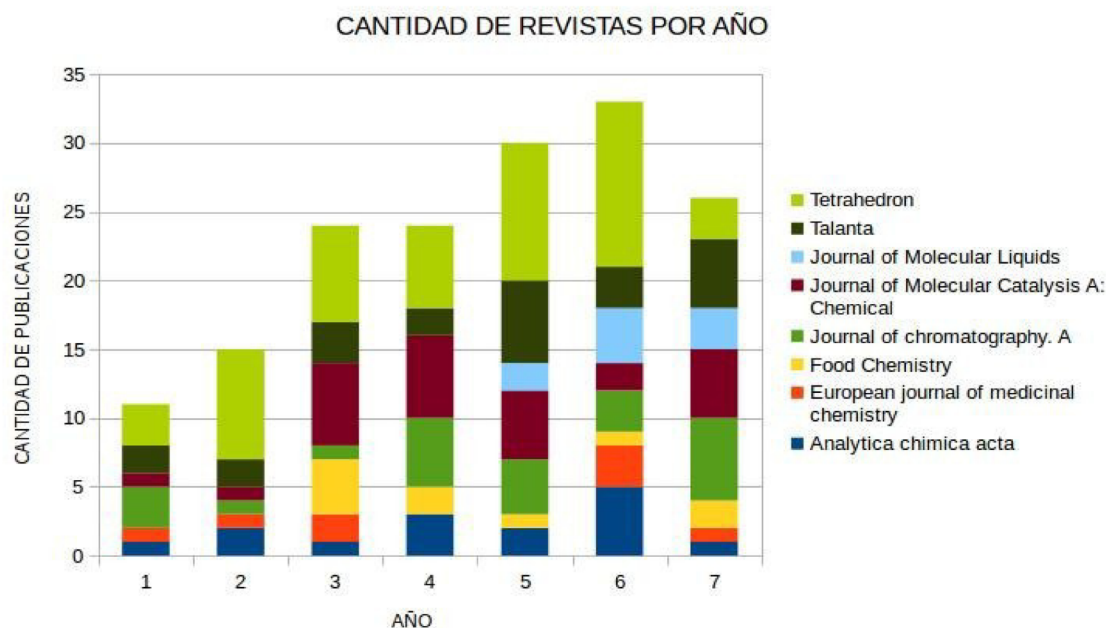


Figura 10. Gráfico que muestra la evolución de la cantidad de artículos publicados por revista entre 2009 y 2015

Por otro lado, calculamos el porcentaje de artículos de revisión publicados en las ocho revistas. Encontramos que el 16 % de las publicaciones corresponden a esta categoría.

3.1.2. Caracterización en función del aporte de los autores

A partir de la información de las 163 publicaciones seleccionadas por la base de datos SD con los criterios de búsqueda mencionados más arriba construimos una nueva planilla de datos en la que a cada artículo se le adjudicó la información correspondiente de los autores, sus instituciones y países de origen. En una primer instancia, analizando los nombres de los autores de cada publicación, encontramos que es minoritario el porcentaje de ellas en las que los autores se repiten al menos una vez en la muestra estudiada, en cambio, en la mayoría encontramos autores que han publicado sólo una vez. Esta información se representa en la Figura 10.

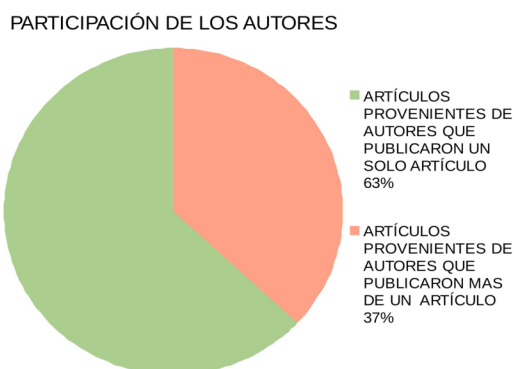


Figura 10. Diagrama que caracteriza los artículos en función de la participación de los autores, según la cantidad de artículos publicados.

A continuación realizamos un listado de los autores y encontramos un total de 662 investigadores responsables de dichos artículos. Como nos resultaba interesante evaluar la participación de los mismos, analizamos la cantidad de publicaciones de cada uno de ellos y encontramos que la gran mayoría de los autores sólo publicó un artículo. Esta información se representa en la Figura 11.

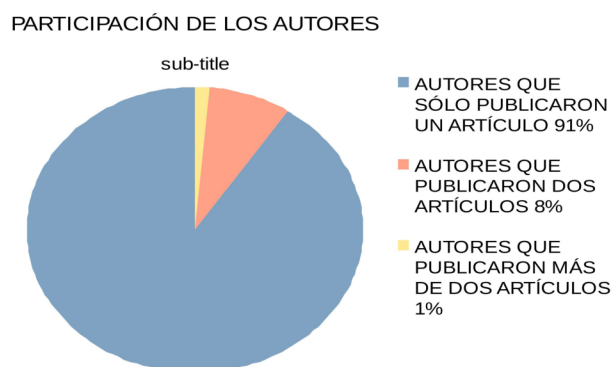


Figura 11. Diagrama que caracteriza los autores en función de la cantidad de artículos que publicaron en la muestra de 163 artículos.

Por otro lado, analizamos el aporte por país, es decir, la cantidad de publicaciones de nuestra selección, discriminada por los países de origen. Esta información se muestra en el gráfico de la Figura 12. En la misma, puede observarse que los países que poseen mayor cantidad de publicaciones son España, Irán, China, Brasil, en orden decreciente, seguidos por Italia y EEUU. Sin embargo, en la misma no puede discernir la articulación entre países.

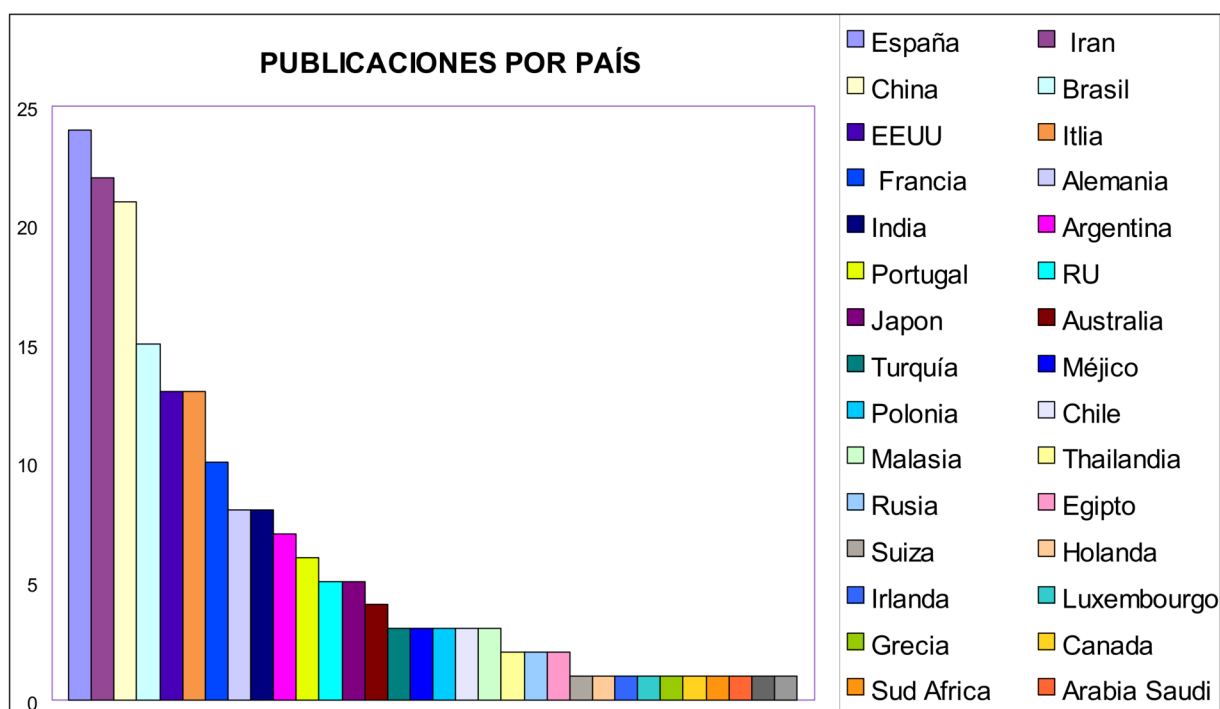


Figura 12. Gráfico que muestra la cantidad de artículos que publicó cada país en el período estudiado.

Por lo tanto, analizamos la cantidad de países que contribuyen a cada publicación y encontramos que sólo el 85% provienen de un único país. La información se muestra en el diagrama de la Figura 13. Asimismo, tomamos el caso de nuestro país, para evaluar la cooperación. De un total de siete artículos, sólo cuatro son exclusivamente de instituciones argentinas, mientras que los restantes articulan con laboratorios de España, Chile y Brasil.



Figura 13. Diagrama que muestra la distribución de los 163 artículos en función de la cantidad de países de origen de sus autores.

A partir de la información estadística recolectada, decidimos analizar más detalladamente los 61 artículos en los que encontramos que los autores responsables publicaron más de un artículo (37 %), pues remiten a aquellos investigadores que han realizado un mayor aporte. Encontramos que 50 artículos presentan autores residentes en un mismo país. Esta información se presenta en la Tabla 1. En la misma se ordenaron los países de acuerdo al Factor H²².

Factor H	País	Cant.de publicaciones	Factor H	País	Cant.de publicaciones
190	Malasia	2	412	Brasil	6
199	Iran	12	563	China	7
257	Chile	1	648	España	2
300	Argentina	2	766	Italia	2
316	Méjico	2	878	Francia	2
334	Portugal	1	1099	Reino Unido	9
401	Polonia	1	1783	EEUU	1

Tabla 1. Cantidad de publicaciones por país, en artículos que presentan autores de un único país y que han publicado en más de un artículo.

Por su parte, los 11 artículos restantes fueron realizados por autores de dos o tres países diferentes, como se observa en la Tabla 2.

²² El índice o factor H se calcula en base a la distribución de las citas que han recibido los trabajos científicos de un investigador. Extraído de <http://www.scimagojr.com/countryrank.php> en marzo de 2017.

Citas	Países		
Canas2014	Chile	Argentina	
Catelani2014	Brasil	Portugal	
Concha-Grana2015	Italia	España	Alemania
Culzoni2012a	Brasil	Argentina	
Fan2009	China	EEUU	
HurtadoSánchez2015	España	Argentina	
Hutchinson2012	RU	EEUU	Australia
Manzo2014	Chile	España	
Mesquita2013	Portugal	España	
Potka2013	Canadá	Polonia	
Terborg2012	Alemania	Australia	

Tabla 2. Publicaciones que presentan autores de distintos países que han publicado en más de un artículo.

Los resultados del análisis en detalle de las publicaciones seleccionadas se encuentran en el apéndice de este trabajo. En éste se muestra la información extraída de los artículos y se analiza la participación de los autores, la coordinación entre ellos, las características de las instituciones donde trabajan, la posibilidad de interacción entre disciplinas científicas, entes estatales y empresas de capitales privados. Asimismo, este análisis contribuye al lector a contextualizar los casos seleccionados para el análisis en profundidad que se muestra al final de este capítulo.

3.2. Análisis estadístico

El análisis estadístico que mostramos a continuación fue realizado con las 152 publicaciones seleccionadas. El mismo consistió, para cada matriz, en primer lugar en una caracterización desde la estadística clásica y luego el análisis multivariado, específicamente de correspondencias múltiples (Moscoloni, 2005).

3.2.1. Matriz I

En la **primera matriz** (Matriz I) analizamos el comportamiento de las unidades de análisis, los artículos, en función de diversas categorías, discriminadas en variables activas e ilustrativas. Las variables activas seleccionadas fueron REVISTA y SUBDISCIPLINA.

Respecto de las variables activas, REVISTA puede adquirir los siguientes valores: *Analytica Chimica Acta*; *Food Chemistry*; *Journal of Chromatography A*; *Journal of Molecular Catalysis*; *Journal of Molecular Liquids*; *The European Journal of Medicinal Chemistry*; *Talanta y Tetrahedron*. En la Figura 14 se esquematizan en un diagrama los porcentajes correspondientes a cada Revista dentro de los 152 artículos.

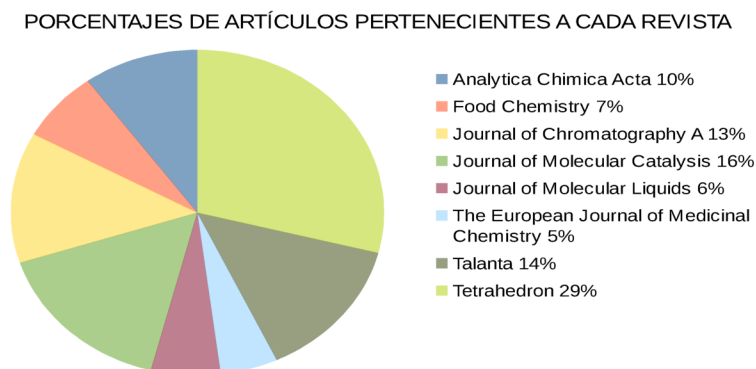


Figura 14. Diagrama que muestra la distribución de los 152 artículos en las distintas revistas, expresados en porcentajes.

Por su parte, la variable SUB-DISCIPLINA fue determinada con la lectura de las secciones *TAK* y puede adquirir los siguientes valores: QA (química analítica), QO (química orgánica), QI (química inorgánica), FQ (físico-química), BM (biología molecular), QS (químicas aplicadas a la medicina o farmacia) y QAL (química aplicada a la búsqueda de la contaminación en los alimentos). En la Figura 15 se esquematizan en un diagrama los porcentajes de artículos correspondientes a cada Subdisciplina.

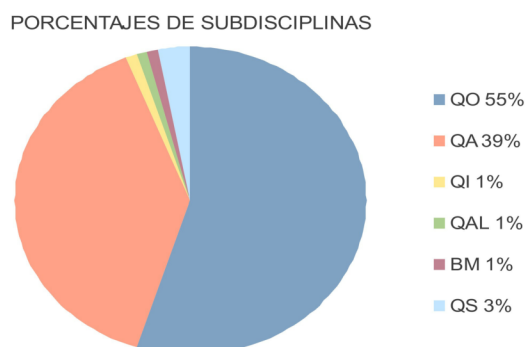


Figura 15. Diagrama que representa los porcentajes la distribución de los 152 artículos en las distintas subdisciplinas, expresados en porcentajes.

Además, esta matriz fue construida a partir de la consideración de que cada artículo presenta un reporte de un trabajo original en el marco de la QV, en el que se presentarían algunas variaciones *verdes* respecto a la Química tradicional. Luego, consideramos dichas variaciones como “alternativas propuestas desde la QV”, a las que incluimos en nuestro análisis como variable ilustrativa. Asimismo, para esta variable, a partir de las alternativas encontradas en las secciones *TAK* de los artículos estudiados, definimos los siguientes indicadores:

- *feedstocks* : uso de materia prima alternativa;
- *derivatives*: evita la generación de derivados de algunos compuestos o del uso de agentes derivatizadores;

- *reagents*: uso de reactivos alternativos o en menores cantidades de las habitualmente utilizados;
- *sample*: considera las características, o cantidades de las muestras que se utilizan o la necesidad de modificarla;
- *solvents* : uso de solventes menos contaminantes;
- *product/target molecule*: propone nuevos productos;
- *by-product/ contamination*: contempla la generación de subproductos o contaminación;
- *monitoring pollution by analytical chemistry*: propone alternativas para su reemplazo o disminución; la posibilidad de monitorear la contaminación generada en tiempo real mediante diversas técnicas de química analítica;
- *catalysts*: uso de catalizadores, o nuevas generaciones de ellos;
- *energy source*: si contempla aspectos energéticos;
- *atom economy*: la consideración de la economía atómica.

En todos los casos, se evalúa si se contempla o no cada uno de las once propuestas alternativas mencionadas arriba, es decir, consideramos once indicadores. Estos once son parte intrínseca de los 12 Principios de la QV. Mediante la asignación de un valor de “sí” vs. “no”, se fue completando la matriz en una planilla. En todos los casos “sí” implica el uso de la alternativa y “no” simplemente que no la considera, excepto en el caso de los derivados o derivatización, que es el único que “sí” significa que sí genera derivados o derivatización y “no” que no la considera. Este caso es el único en el que el valor de la variable “sí” responde a un aspecto negativo del artículo, es decir, “menos verde”. En todos los otros casos un “sí” implica que, al considerar esta alternativa, el artículo se caracteriza como de QV por utilizarla.

Por otro lado, en la alternativa de los catalizadores, existe un tercer valor, además de “sí” y “no”, es decir, si usa o no usa catalizadores, que es el valor de *green*. Este valor refleja un aspecto de mayor peso, ya que remite al desarrollo o uso de nuevos tipos de catalizadores, menos contaminantes ellos, o sea, más verdes.

En la Figura 16 se muestra un diagrama que muestra los valores absolutos de la cantidad de artículos que utilizaron de las 9 de las 11 alternativas en los 152 artículos. Las dos restantes, derivatización y catalizadores han sido excluidas de este análisis. Esto es debido a que su comportamiento es particular. En el primer caso, el valor encontrado de 28 artículos implica que son 28 los que no evitan la derivatización o el uso de agente derivatizantes. En el segundo caso, son 37 los artículos que utilizan catalizadores, pero además encontramos otros 31 en los que se propone el uso o desarrollo de nuevos catalizadores (indicador *green-cat*).

En dicha figura puede observarse que el indicador de que fue más utilizado fue el de la utilización de solventes alternativos, estando presente en el 67% de los artículos, siguiéndole el monitoreo de la contaminación generada en tiempo real mediante técnicas de QA, presente en el 25% de las publicaciones. Las demás propuestas van desde el 16 al 1%, estando las alternativas de materia prima, productos, muestras y economía atómica como máximo en un 5% de las publicaciones.

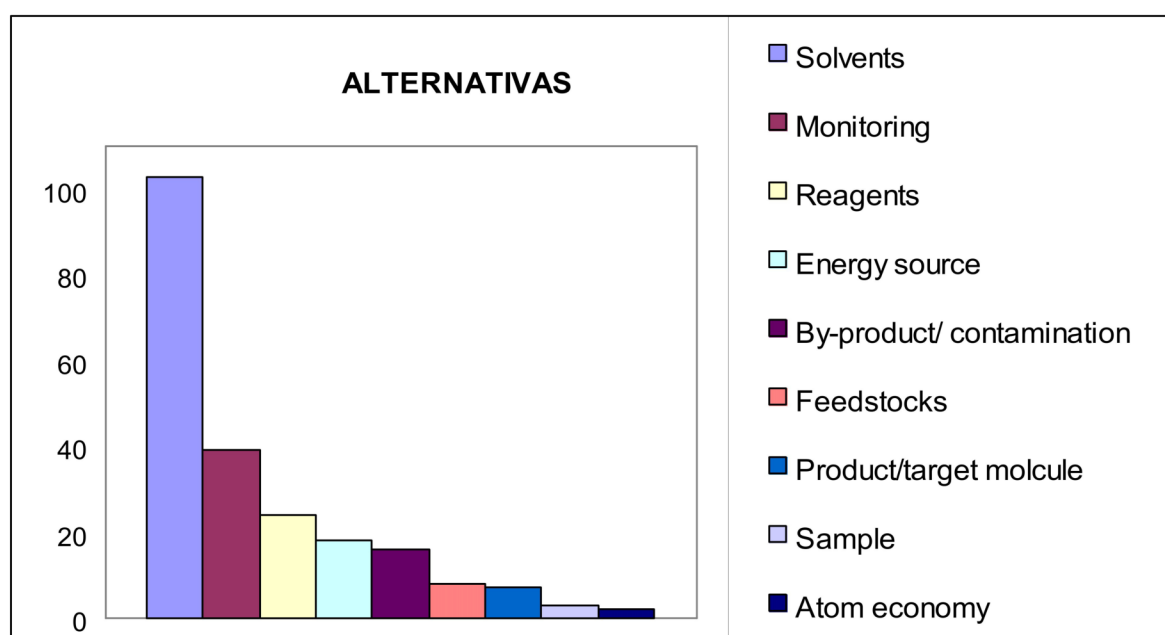


Figura 16. Gráfico que muestra, en valores absolutos, la cantidad de artículos que utilizó cada una de las alternativas verdes y que fueron identificadas como indicadores para la Matriz I.

Hasta aquí mostramos los resultados del análisis estadístico clásico para la Matriz I, en la se esquematizan las cantidades o porcentajes de artículos según las revistas, subdisciplinas y alternativas propuestas los trabajos científicos estudiados. A continuación presentamos los resultados obtenidos mediante el AMD.

El AMD de la matriz fue realizado con el programa SPAD®. Éste analiza los valores que adquieren las variables para cada artículo y los agrupa como puntos en un plano. La cercanía entre los puntos indica asociación entre las respectivas categorías. Además, en función de las tendencias, genera grupos. A su vez, el plano del gráfico está determinado por dos ejes perpendiculares, denominados Factor 1 y Factor 2. Dichos factores fueron contruidos por el programa SPAD® según los datos de la matriz.

En la Figura 17 se observa cómo se agrupan las variables activas, REVISTA y SUBDISCIPLINA de la primera matriz.

- Análisis de la variable activa REVISTA:

En el eje denominado Factor 1, las revistas *Journal of Molecular Catalysis*, *Tetrahedron* y *Journal of Molecular Liquids* tienen comportamiento similar (izquierda) y opuesto a de las revistas *Journal of Chromatography A*, *Analytica Chimica Acta* y *Talanta* (derecha). Por otro lado, *The European Journal of Medicinal Chemistry* y *Food Chemistry* tienen una tendencia de aproximación con las primeras, por estar en el mismo semiplano (izquierdo) pero un poco más alejadas.

Respecto del Factor 2, la revista *Food Chemistry* es la que se diferencia del resto (extremo superior), mientras que las demás se encuentran a relativa poca distancia, pero diferenciadas en dos semiplanos. En el superior encontramos a *The European Journal of Medicinal Chemistry*, *Journal of Molecular Liquids* y el *Journal of Chromatography A*, mientras que *Journal of Molecular Catalysis*, *Tetrahedron* y *Analytica Chimica Acta* están en el semiplano inferior.

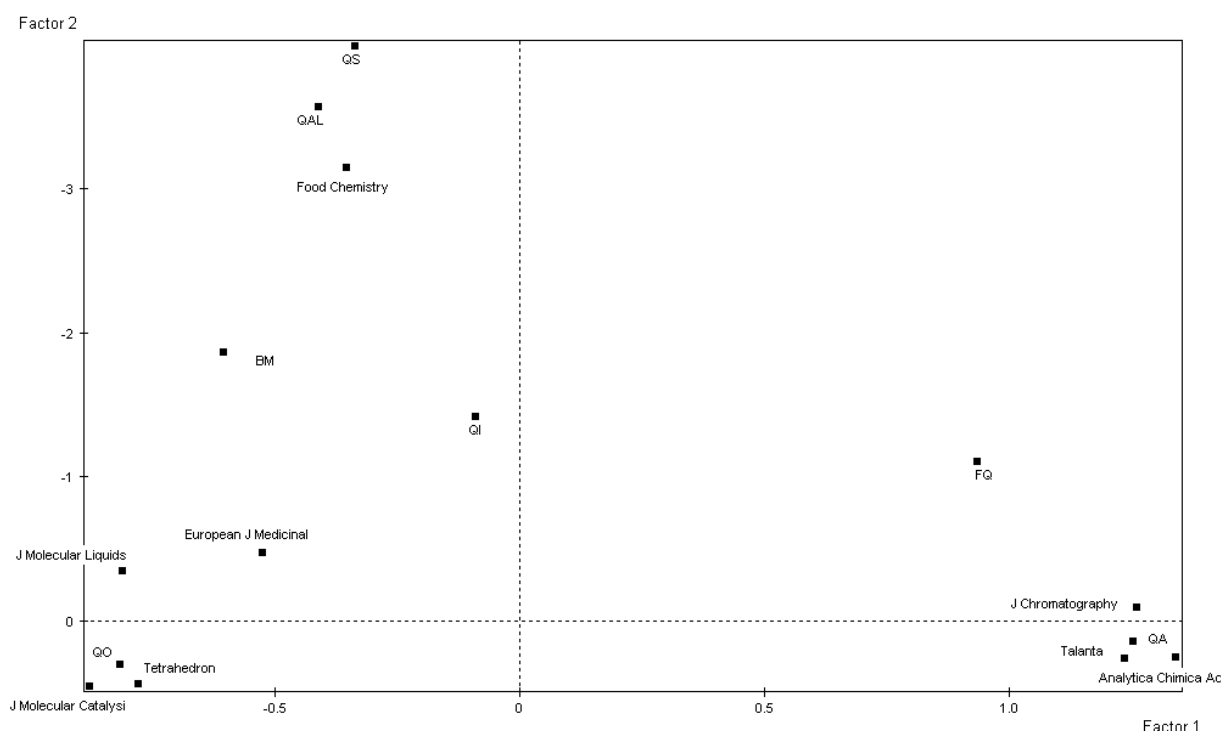


Figura 17. Proyección de variables activas en los ejes factoriales correspondiente a la Matriz I.

- Profundizando en el análisis, relacionamos las variables activas REVISTA y SUB-DISCIPLINA.

La QO se agrupa con la revista *Tetrahedron* y *Journal of Molecular Catalysis*, mientras que se encuentra cercana también a *Journal of Molecular Liquids* aunque esta última está en otro cuadrante.

La QA se agrupa con las revistas *Analytica Chimica Acta* y *Talanta*, y también a *Journal of Chromatography A*, aunque esta última se encuentra en otro semiplano respecto del factor 2. Por

su parte, La FQ se encuentra relativamente cercana a este grupo.

Por otro lado, vemos que QAL y QS se agrupan con la revista *Food Chemistry*, estando relativamente cerca también a BM, QI y *European Journal of Medicinal Chemistry*.

Ahora bien, incorporando en el análisis a las variables ilustrativas mostradas en la Figura 18 observamos que:

- Respecto del Factor 1, en el extremo izquierdo se agrupan los indicadores green-cat; si-catalysis; no-monitoring-QA; no-By-product/contamination; no-sample con las revistas *Tetrahedron* y *Journal of Molecular Catalysis* y *Journal of Molecular Liquids* y la subdisciplina QO. Y en el extremo derecho se agrupan los siguientes: si-sample; si-reagents; si-by-product/contamination; si-monitoring-QA; no-catalysis con las revistas *Analytica Chimica Acta* y *Talanta*, y también a *Journal of Chromatography A* y la sub-disciplina QA.
- Respecto del Factor 2, el análisis indica que en el extremo inferior los indicadores que se encuentran son: green-cat y no-product/target molecule, entre otros. Mientras que en el extremo superior, si-product/target molecule y no-catalysis cerca de las revistas *Food Chemistry* y *European Journal of Medicine* y las subdisciplina QS, QAL, BM, QI Y FQ.

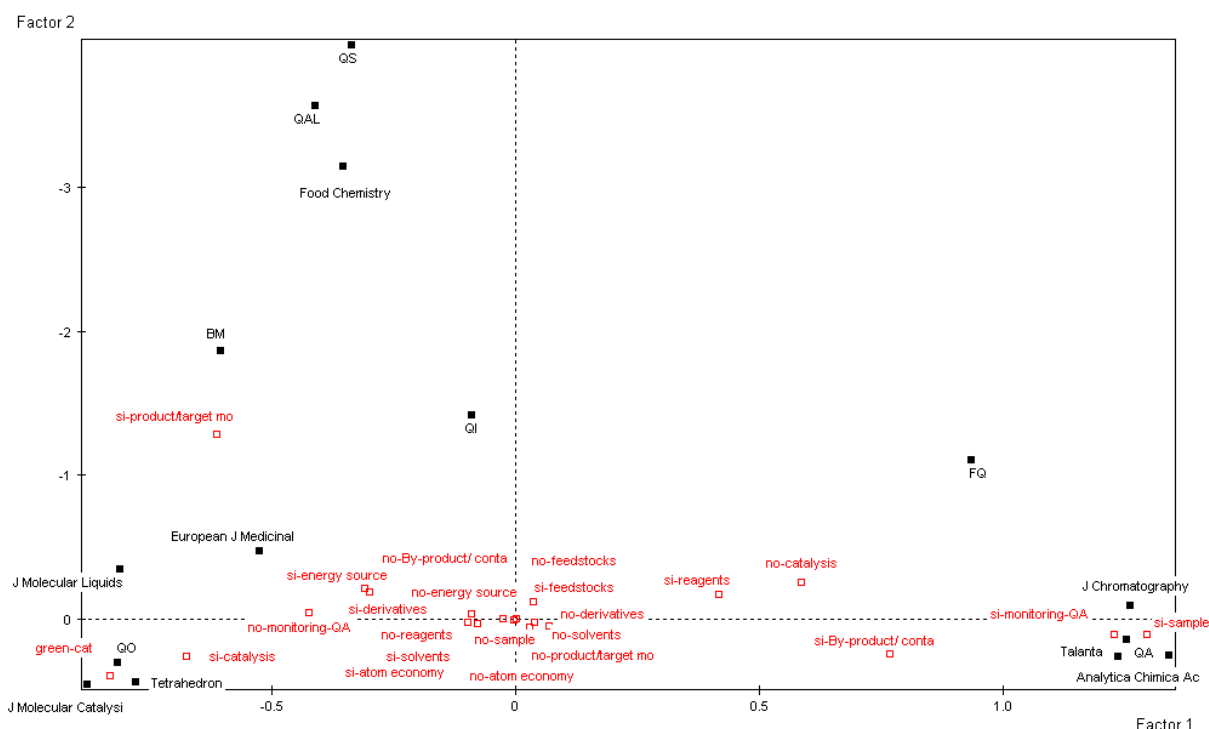


Figura 18. Proyección de variables activas e ilustrativas en los ejes factoriales correspondiente a la Matriz I.

Finalmente, luego del agrupamiento de las variables, el programa identificó 3 grupos de publicaciones, los que pueden observarse en la Figura 19. Los grupos están identificados con los números 1, 2 y 3. Los centros de cada grupo fueron representados con triángulos de color rojo,

cada uno de ellos se localiza en las regiones de agrupamiento de variables anteriormente mencionadas.

- El Grupo I-1, cuenta con un acervo de 16 artículos. Este es el grupo más pequeño de los tres, representando el 9 % del total. En él se encuentran todas las publicaciones de la revista *Food Chemistry* y todas las de QS.

- El Grupo I-2, cuenta con 81 artículos. Este es el grupo más numeroso de los tres, representando el 53 % del total. En él se encuentran todas las publicaciones de la revista *Journal of Molecular Catalysis* y el 95 % de *Tetrahedron*. Además, contiene el 86 % de las que propusieron como alternativa verde la utilización de catalizadores (indicador sí-catalysis) y el 97 % de las que propusieron el uso de nuevos catalizadores (indicador green-catalysis). Por otro lado, todos los artículos de este grupo pertenecen a la sub-disciplina QO.

- El Grupo I-3, da cuenta de los restantes 58 artículos, el 38 % del total. En éste se encuentran todas las publicaciones de las revistas *Talanta* y *Analytica Chimica Acta* y el 95% de las a *Journal of Chromatography A*. Además, contiene el 97 % de las que propusieron como alternativa verde el monitoreo de la contaminación por métodos de química analítica (indicador sí-monitoring-QA) y el 75 % de las que consideran la generación de subproductos o contaminación (indicador sí-by-product/contamination). Por último, el 95 % artículos de este grupo pertenecen a la sub-disciplina QA.

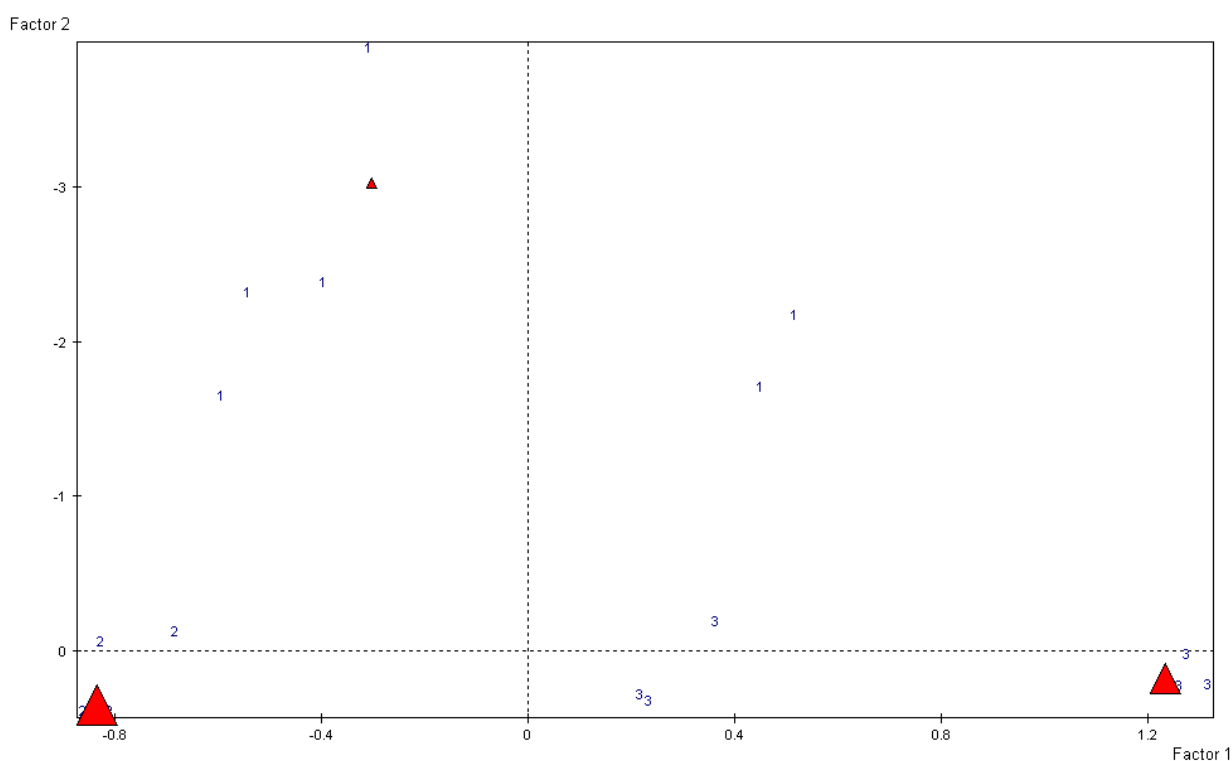


Figura 19. Representación de tres grupos de publicaciones constituidos a partir del análisis de correspondencias múltiples de la Matriz I.

En síntesis, las publicaciones fueron agrupadas según las revistas, sub-disciplinas e indicadores de QV en 3 grupos. El primero es muy pequeño, caracterizado por los alimentos y la salud. El segundo grupo, el más numeroso, es el que se caracteriza por la ciencia química, particularmente orgánica de síntesis, que utilizan la alternativa de QV de catálisis. El tercer grupo, caracterizado por la ciencia química, particularmente analítica, utilizan las alternativas de QV de monitoreo de contaminación en tiempo real y generación de subproductos no deseados.

3.2.2. Matriz II

En la **segunda matriz** (Matriz II) analizamos grado de compromiso que presentan las publicaciones respecto de la QV. Aquí definimos cinco (5) variables activas con el fin de indagar los intereses y las justificaciones respecto a la utilización de los principios de la QV en las investigaciones realizadas en cada publicación.

A continuación se describen las variables y se presentan los indicadores correspondientes, que fueron extraídos del corpus de publicaciones y se caracterizan por medio de la estadística clásica.

- NIVEL DE CAMBIO: Esta variable permite analizar la profundidad de las alternativas propuestas en los artículos analizados. Es decir, una vez definida la propuesta de QV, esta intenta un cambio radical (como ser reemplazar, eliminar) o moderado (minimizando, disminuyendo o reciclando). Los indicadores hallados y la cantidad veces que aparece en los 152 artículos se muestran en la Figura 20. Además, calculamos la cantidad total de aparición de todos los indicadores de esta variable, es de 70.

- RIESGO: Con esta variable es posible explorar cómo caracterizan o denominan los investigadores a los impactos o sustancias que generan impactos o riesgos, las cuales se intentan modificar con las alternativas de la QV. Algunos indicadores pueden ser alarmantes (carcinogénico, tóxico, *hazard*), otros moderados (contaminante, basura, daño) y otros gentiles (seguro, limpio). Los indicadores hallados y la cantidad de veces que se presenta en los 152 artículos se muestran en la Figura 21. Además, la cantidad total de aparición de los indicadores de esta variable es de 109.

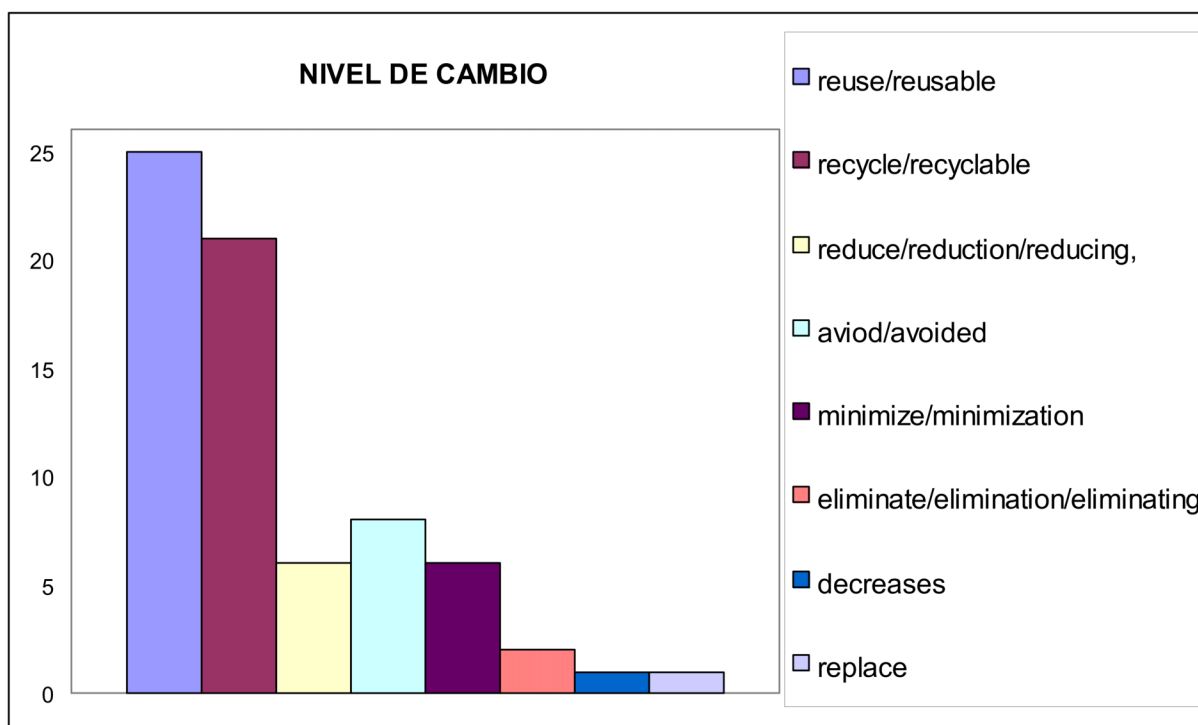


Figura 20. Gráfico que muestra, en valores absolutos, la cantidad de artículos que utilizó cada uno de los indicadores de la variable NIVEL DE CAMBIO.

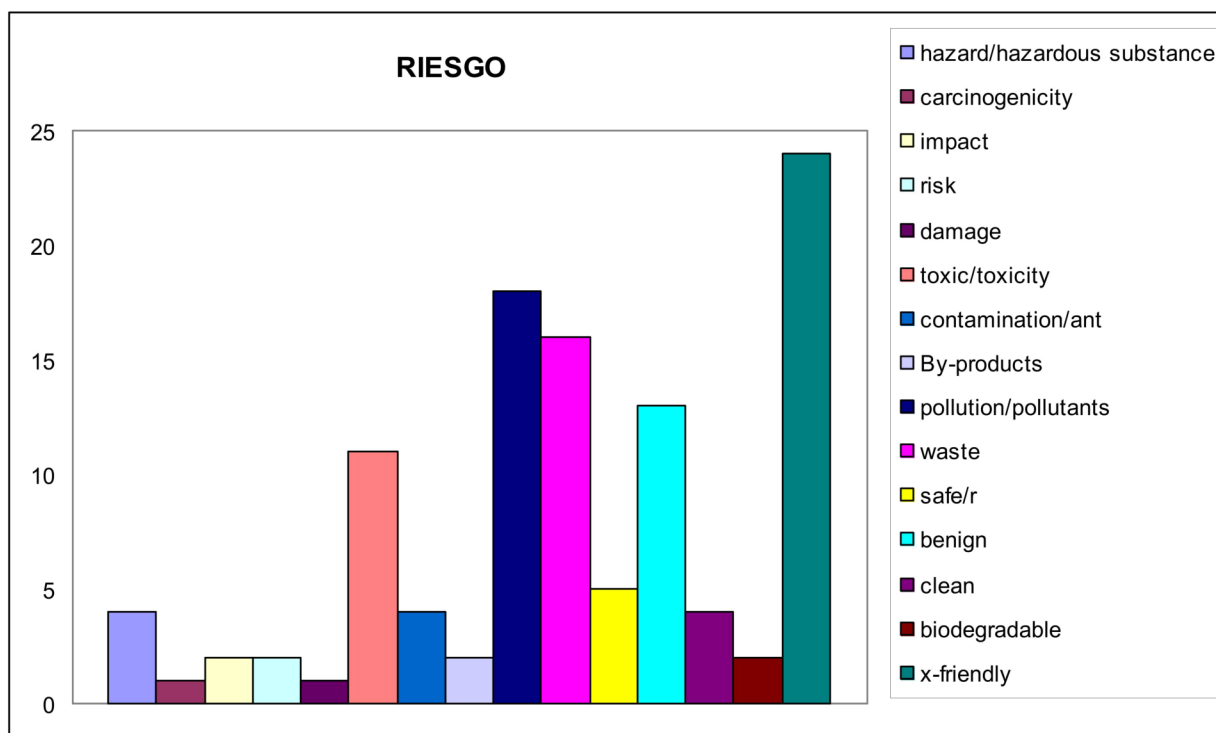


Figura 21. Gráfico que muestra, en valores absolutos, la cantidad de artículos que utilizó cada uno de los indicadores de la variable RIESGO

- BLANCO DEL EFECTO: Aquí avanzamos con el análisis hacia dónde reside el interés de los científicos respecto de los efectos nocivos de la contaminación. Encontramos que la atención

se centró alternativamente entre la salud humana, los animales, las plantas, el ambiente en general, los suelos o aguas. Los indicadores hallados y la cantidad de veces que se encuentra en los 152 artículos se muestran en la Figura 22. Además, la cantidad total de aparición de los indicadores de esta variable es de 73.

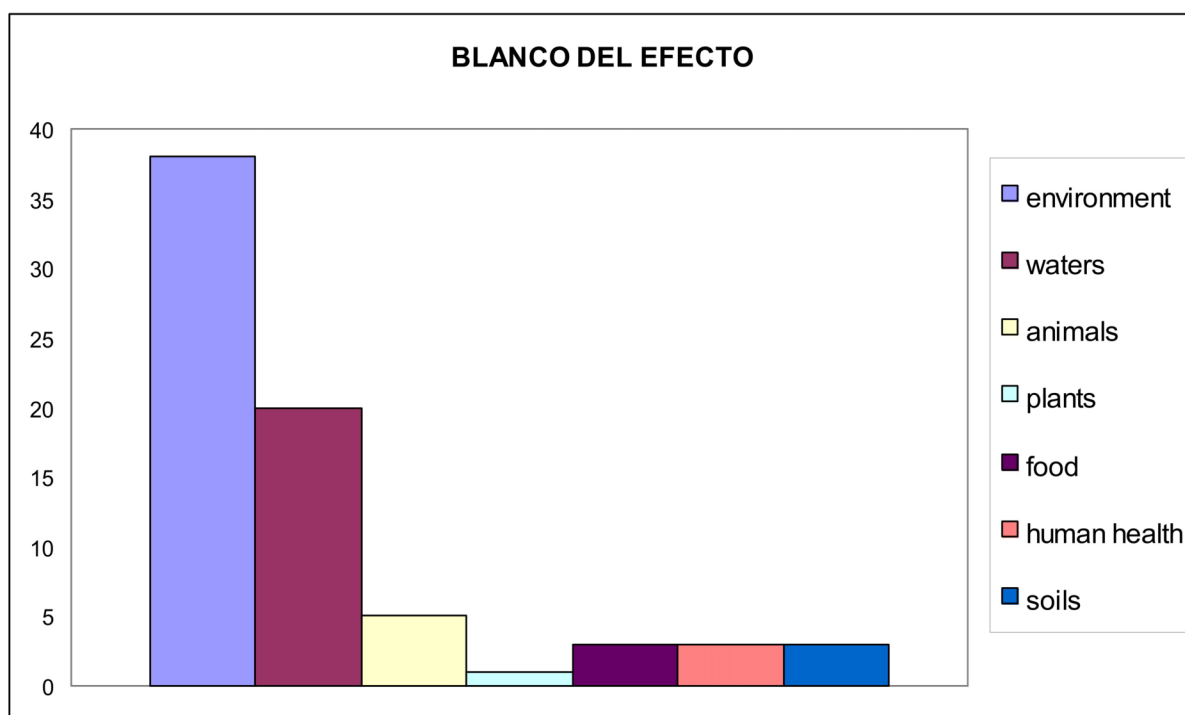


Figura 22. Gráfico que muestra, en valores absolutos, la cantidad de artículos que utilizó cada uno de los indicadores de la variable BLANCO DEL EFECTO

- **ÍNDOLE CREMATÍSTICA:** En esta instancia evaluamos si los aspectos crematísticos son considerados por los autores en las publicaciones analizadas. Algunos términos utilizados son directos (costo, precio, económico, caro) mientras que otros son indirectos (eficiencia, rendimiento, rapidez). Los indicadores hallados y la cantidad de veces que se presenta en los 152 artículos se muestran en la Figura 23. Además, la cantidad total de aparición de todos los indicadores de esta variable es de 251.

- **SUSTENTABILIDAD:** Por último, determinamos si se considera la sustentabilidad de las propuestas. Los indicadores encontrados con una cantidad total de 8 artículos en total son:

- *sustainability*,
- *sustainable*.

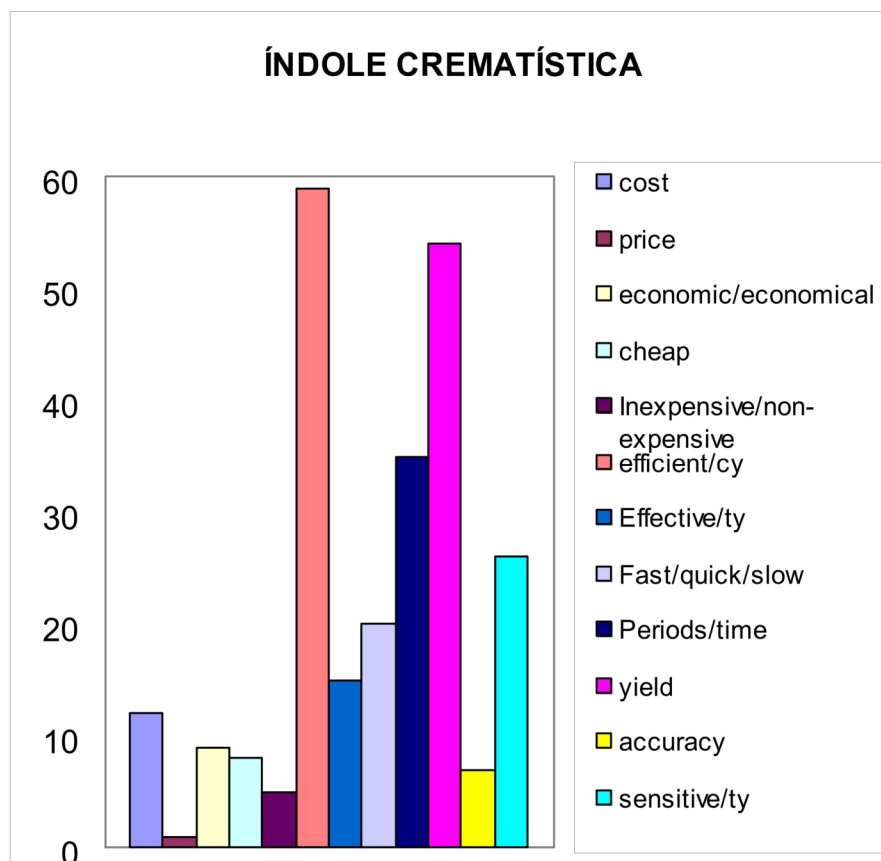


Figura 23. Gráfico que muestra, en valores absolutos, la cantidad de artículos que utilizó cada uno de los indicadores de la variable ÍNDOLE CREMATÍSTICA

Hasta aquí hemos mostrado la información obtenida mediante la estadística clásica, para la segunda matriz de datos, en la se esquematizan las cantidades de artículos en lis que se presentan los indicadores utilizados en el AMD. A continuación presentamos los resultados obtenidos mediante dicho AMD.

Seguidamente, se presenta el plano determinado por dos factores construidos por el programa SPAD®, en el que se distribuyen los indicadores según sus tendencias de agrupamiento (Figura 24).

los términos riesgo, basura, polución, contaminación y carcinogénico y la otra tendencia es usar los términos seguro, benigno, limpio, amigable y también *hazard* (que no se traduce para evitar ambigüedades).

- Para la identificación del interés de los autores en un determinado BLANCO DEL EFECTO nocivo estudiado encontramos una tendencia a enfocarse en el ambiente y otra en los animales y en la contaminación del agua.

- Según la inclusión de términos referentes a una cuestión de ÍNDOLE CREMATÍSTICA, una tendencia responde a la utilización de términos como costo y barato, efectivo, eficiencia y rendimiento, otra es la que menciona la velocidad y otra exactitud y sensibilidad.

- Al respecto de la SUSTENTABILIDAD, encontramos que quienes utilizan ese término se agrupan con quienes utilizan los términos para mencionar los RIESGOS seguro, benigno, limpio, amigable y también *hazard*.

Asimismo, puede inferirse la relación entre las tendencias para las diversas variables. Este análisis lo realizó el programa SPAD®, mediante el cual fue posible discriminar 5 grupos de publicaciones. Esto se observa en el Figura 25.

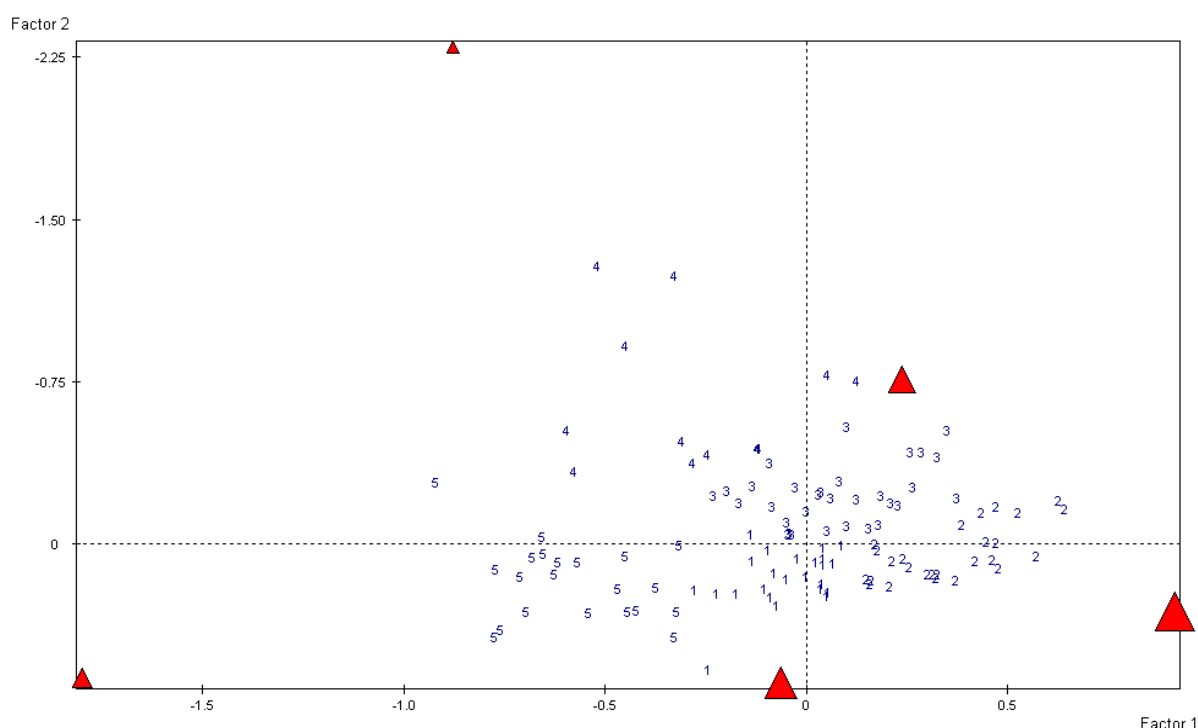


Figura 25. Representación de cinco grupos de publicaciones constituidos a partir del análisis de correspondencias múltiples de la Matriz II

- El Grupo II-1 contiene 39 artículos, el 25 % del total. Este grupo está conformado por aquellos artículos que, en general, no utilizaron determinados indicadores. Por ejemplo: no-reusing, no-recycling (NIVEL DE CAMBIO); no-friendly (RIESGO); no-at environment

(BLANCO DEL EFECTO); no-efficiency, no-effectivity, no-yield (ÍNDOLE CREMATÍSTICA).

- El Grupo II-2, contiene 47 artículos, el 31 % del total. Este grupo está conformado por aquellos artículos que, en general, utilizaron ciertos indicadores pero no otros, como ser: si-reusing, si-recycling (NIVEL DE CAMBIO); sí-efficiency, sí-yield (ÍNDOLE CREMATÍSTICA), mientras que no utilizaron: no-at waters, no-at environment (BLANCO DEL EFECTO); no-sensitivity (ÍNDOLE CREMATÍSTICA); no-pollution; no-waste; no-friendly (RIESGO).

- El Grupo II-3, contiene 33 artículos, el 22 % del total. Este grupo está conformado por aquellos artículos que, en general, utilizaron ciertos indicadores pero no otros, como ser: si-at environment (BLANCO DEL EFECTO); si-friendly, si-benign (RIESGO); mientras que no utilizaron: no-at waters (BLANCO DEL EFECTO); no-sensitivity (ÍNDOLE CREMATÍSTICA).

- El Grupo II-4, contiene 12 artículos, el 8% del total. Este grupo está conformado por aquellos artículos que, en general, utilizaron ciertos indicadores, como ser: sí-minimization, sí-reduction (NIVEL DE CAMBIO); sí-cheap, sí-effectivity, (ÍNDOLE CREMATÍSTICA); sí-friendly, sí-toxic, sí-hazard, sí-safe (TERMINOS PARA RIESGO); sí-at environment (BLANCO DEL EFECTO).

- El Grupo II-5, contiene 21 artículos, el 14 % del total. Este grupo está conformado por aquellos artículos que, en general, utilizaron ciertos indicadores pero no otros, como ser: si-at waters, (BLANCO DEL EFECTO); sí-pollution, sí-waste, sí-contamination (TERMINOS PARA RIESGO); sí-sensitivity, (ÍNDOLE CREMATÍSTICA); mientras que no utilizaron: no-efficiency, no-yield (ÍNDOLE CREMATÍSTICA).

Sintetizando, el grupo mayoritario es el **Grupo II-2**, que se caracteriza por utilizar los indicadores eficiencia y rendimiento pertenecientes a la variable que analiza la utilización de indicadores de ÍNDOLE CREMATÍSTICA. Luego el **Grupo II-1** es un poco menos numeroso y se caracteriza por la no utilización de determinados términos, como reusar o reciclar (NIVEL DE CAMBIO), no habla de acciones amigables con el ambiente (RIESGO y BLANCO DEL EFECTO) y tampoco menciona eficiencia, efectividad y rendimiento de los procesos (ÍNDOLE CREMATÍSTICA). A continuación presentamos los grupos que le siguen en cantidad de publicaciones. El **Grupo II-3** se caracteriza por considerar los EFECTOS en el ambiente y las acciones amigables o benignas hacia el mismo, en lugar de hablar de RIESGO. El **Grupo II-5** concentra su atención en los EFECTOS sobre el agua, afectada por contaminación, polución o receptora de residuos (RIESGO) y considera cuestiones CREMATÍSTICAS utilizando el término sensibilidad. Finalmente, el **Grupo II-4**, el minoritario, atiende las acciones de minimización o reducción de daños (NIVEL DE CAMBIO) sobre el ambiente (BLANCO), que pueden ser

tóxicos o *hazard* tornándose amigables o seguros (RIESGO) y considerando la efectividad y el bajo costo de las acciones (ÍNDOLE CREMATÍSTICA).

3.3. Análisis en profundidad los de artículos destacados.

A partir del AMD brindado por el programa SPAD®, presentamos en las Tablas 3 y 4 las publicaciones características de cada grupo, de ambas matrices con el fin de seleccionar los artículos más destacados de cada matriz.

MATRIZ I		
GRUPO I-1		
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO	REVISTA	SUBDISC.
1 cita n° 40 Ganihigama15	EJM Chem	QS
2 cita n° 44 Ghosh2014	JML	QI
3 cita n° 79 Mageste2009	J. Chrom.	FQ
4 cita n° 1 Agrimonti2015	Food chemistry	BM
5 cita n° 36 Duarte2013	Food chemistry	QAL
6 cita n° 105 Racicot2012	Food Chemistry	QO
7 cita n° 100 Piantini2011	Food chemistry	QO
8 cita n° 125 Santos2012	Food chemistry	QA
9 cita n° 16 Bulotta2011	Food Chemistry	QS
10 cita n° 69 Lenucci2015	Food chemistry	QAL
GRUPO I-2		
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO	REVISTA	SUBDISC.
1 cita n° 2 Altug2014	Tetrahedron	QO
2 cita n° 4 Aupoix2010a	Tetrahedron	QO
3 cita n° 9 Bantreil2014	Tetrahedron	QO
4 cita n° 22 Chen2013	Tetrahedron	QO
5 cita n° 20 Carpita2010	Tetrahedron	QO
6 cita n° 146 Yang2013	Tetrahedron	QO
7 cita n° 144 Yan2014	Tetrahedron	QO
8 cita n° 142 Wu2010	Tetrahedron	QO
9 cita n° 139 Wang2011a	Tetrahedron	QO
10 cita n° 138 Villhauer2009	Tetrahedron	QO
GRUPO I-3		
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO	REVISTA	SUBDISC.
1 cita n° 14 Bizzi2011	Talanta	QA
2 cita n° 17 Bustamante13	Talanta	QA
3 cita n° 26 Costa2015	Talanta	QA
4 cita n° 34 DosSantos14	Talanta	QA
5 cita n° 21 Catelani2014	Talanta	QA
6 cita n° 145 Yang2009	Talanta	QA
7 cita n° 141 Winotapun12	Talanta	QA
8 cita n° 140 Wang2013	Talanta	QA
9 cita n° 132 Tang2015	Talanta	QA
10 cita n° 129 Shen2009	Talanta	QA

Tabla 3. Descripción de los primeros 10 artículos característicos de cada grupo de la Matriz I.

Como puede observarse, en cada una se indican la cita (referencia del artículo), el número de posición de cada una en la planilla de datos, la revista a la que pertenecen y la sub-disciplina correspondiente. Asimismo, para la realizar en análisis en profundidad, seleccionamos primeros artículos de cada grupo. Estos son de la Matriz I Ganihigama2015 (I-1), Altug2014(I-2), Bizzi2011(I-3), y de la Matriz II, Catelani2014 (II-1), Carpita2010 (II-2), Pace2011 (II-3), GarcíaPinto2011(II-4), HernándezMesa2014 (II-5).

MATRIZ II

GRUPO II-1			
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO		REVISTA	SUBDISC.
1	cita n° 21 Catelani2014	Talanta	QA
2	cita n° 44 Ghosh2014	JML	QI
3	cita n° 43 Gebara2011	Food chemistry	QS
4	cita n° 101 Pizarro2012	J. chrom.	QA
5	cita n° 133 Terborg2012	Analytica C.A.	QA
6	cita n° 88 Morlock2015	J. chrom.	QA
7	cita n° 140 Wang2013	Talanta	QA
8	cita n° 1 Agrimonti2015	Food chemistry	BM
9	cita n° 152 Zonetti2011s	JMC	QO
10	cita n° 148 Yoon2014	EJM Chem	QO
GRUPO II-2			
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO		REVISTA	SUBDISC.
1	cita n° 20 Carpita2010	Tetrahedron	QO
2	cita n° 55 Hernandez2011	Tetrahedron	QO
3	cita n° 77 Kon2014	Tetrahedron	QO
4	cita n° 66 Kon2014	Tetrahedron	QO
5	cita n° 4 Aupoix2010a	Tetrahedron	QO
6	cita n° 5 Azizi2013b	JML	QO
7	cita n° 12 Bazregar2015	J. chrom.	QA
8	cita n° 57 Huang2013	Tetrahedron	QO
9	cita n° 126 Kon2014	Tetrahedron	QO
10	cita n° 32 DellAnna2014	JMC	QO
GRUPO II-3			
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO		REVISTA	SUBDISC.
1	cita n° 94 Pace2011	Tetrahedron	QO
2	cita n° 79 Maciel2014a	Food chemistry	QAL
3	cita n° 9 Bantreil2014	Tetrahedron	QO
4	cita n° 146 Yang2013	Tetrahedron	QO
5	cita n° 33 DiMola2012	Tetrahedron	QO
6	cita n° 71 Li2014	Tetrahedron	QO
7	cita n° 82 Marui2014	Tetrahedron	QO
8	cita n° 144 Yan2014	Tetrahedron	QO
9	cita n° 74 Liu2013c	Tetrahedron	QO
10	cita n° 113 RuizCarre.2014	Tetrahedron	QO

GRUPO II-4		
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO	REVISTA	SUBDISC.
1 cita n° 41 GarcíaPinto2011	Analytica C.A.	QA
2 cita n° 127 Scully2011	J. chrom.	QA
3 cita n° 106 Raffy2010	JMC	QO
4 cita n° 80 MartínezA2012	Tetrahedron	QO
5 cita n° 143 Yamaguchi2010	J. chrom.	QA
6 cita n° 19 Cardador2014	J. chrom.	QA
7 cita n° 38 Fan2009	Analytica C.A.	QA
8 cita n° 7 Azizi2015	JML	QO
9 cita n° 150 Zohdi2011	EJM Chem	QI
10 cita n° 84 Mesquita2013	Talanta	QA
GRUPO II-5		
IDENTIFICACIÓN DEL ARTÍCULO	REVISTA	SUBDISC.
1 cita n° 54 HernandezM14		QA
2 cita n° 26 Costa2015	Talanta	QA
3 cita n° 18 Canas2014	Analytica C.A.	QA
4 cita n° 134 Tobiszewski15	J. chrom.	QA
5 cita n° 118 SalgueiroG12	J. chrom.	QA
6 cita n° 120 SalgueiroG13	J. chrom.	QA
7 cita n° 76 Lozano2013	Analytica C.A.	QA
8 cita n° 34 DosSantos2014	Talanta	QA
9 cita n° 13 BecerraH2015	J. chrom.	QA
10 cita n° 61 Kempegowda14	Talanta	QO

Tabla 4. Descripción de los primeros 10 artículos característicos de cada grupo de la MatrizII.

A continuación presentamos el análisis en profundidad del primer artículo de cada grupo. Inicialmente, de cada artículo representativo de los tres grupos de la Matriz I:

1) **Ganihigama2015**, titulado “*Antimycobacterial activity of natural products and synthetic agents: Pyrrolodiquinolines and vermelhotin as anti-tubercular leads against clinical multidrug resistant isolates of Mycobacterium tuberculosis*” tiene como objetivo ensayar varias clases de sustancias naturales y compuestos sintéticos frente a cepas de referencia y aislados clínicos de *Mycobacterium tuberculosis* resistentes a múltiples fármacos. Este artículo es el más característico del Grupo I-1.

Resumen. Los autores indican que la tuberculosis es un problema de salud a nivel mundial. Mencionan el porcentaje de afectados y de pacientes que tienen latente la enfermedad. Además describen las diversas cepas que presentan resistencia y destacan la necesidad de encontrar

nuevos antibióticos. Por esta razón, ellos evalúan la actividad antimicobacteriana (pues el patógeno es una micobacteria) de 27 sustancias naturales (aislados por ejemplo de hongos), 3 derivados de éstas y 56 compuestos sintéticos, donde se encuentran algunos derivados de otros. Asimismo describen los pasos de la síntesis haciendo hincapié en diversos enfoques de la QV. Por ejemplo, utilizan microondas y solvente agua y comparan el tiempo necesario con el de una alternativa que involucre el calentamiento tradicional, siendo más ventajoso el primero. También estudian el comportamiento de un compuesto secundario que se obtiene en el calentamiento tradicional. Finalmente compara la actividad de las 86 sustancias y los efectos que tiene sobre células humanas de cultivo. Concluyen que la estructura de un compuesto sintético y su derivado tienen muy buena actividad antimicobacteriana y afecta levemente a las células de cultivo humano, por lo que es potencialmente un antimicobacteriano.

Análisis. Este artículo fue producido por ocho autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas en este trabajo de tesis. El mismo fue clasificado como QS debido a que trabajan, interdisciplinariamente los químicos, microbiólogos y toxicólogos de la capital tailandesa, utilizando compuestos naturales y sintetizados en el presente trabajo, y además, fue publicado en una revista de medicina. Como puede observarse, el interés de encontrar una cura a una dada enfermedad, desde el enfoque de la QV, conlleva a los autores a comparar productos naturales con los que ellos sintetizan. El modo de síntesis implica generar compuestos derivados y propone respetar los principios de reducir el uso de sustancias auxiliares y el ahorro energético, considerando la optimización de aspectos crematísticos. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

2) **Altug2014**, titulado “*A green synthesis of new 3-aryl-4-phenylsulfonyl-5- amino- isoxazoles*” describe un nuevo protocolo para la síntesis de compuestos con las capacidades de prevenir cáncer, a través de rutas de química verde. Este artículo es el más representativo del Grupo I-2.

Resumen. En el artículo los autores desarrollan un nuevo protocolo de síntesis de dos compuestos a través de rutas de QV, amigables para el ambiente, debido a la importancia de los compuestos heterocíclicos tanto para la industria, como para los organismos vivos (con actividad biológica). Ellos postulan que la QV es un método relacionado con la disminución de la polución ambiental, diseñando nuevos procesos para aumentar la economía atómica y disminuir el uso de solventes, el tiempo de reacción y el número de pasos en las reacciones. Asimismo, su síntesis verde conlleva la modificación de condiciones de reacción obteniendo buenos rendimientos. Es decir, comparan el rendimiento con y sin de solventes orgánicos, viendo el incremento del mismo al incorporarlos. Además, comparan el tiempo necesario si realizan las reacciones a

temperatura ambiente (más lento) con el calentamiento convencional (más rápido). Por otro lado, las reacciones fueron monitoreadas por cromatografía. Finalmente ensayan la actividad citotóxica de los compuestos frente a 4 líneas celulares cancerosas. La conclusión es que esta síntesis verde de dichos compuestos con completa regioselectividad y sin solventes tiene un rendimiento moderado, además, 4 de los 19 compuestos obtenidos tuvieron elevada actividad contra líneas celulares cancerosas.

Análisis. Este artículo fue producido por tres autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. El mismo se focaliza en la síntesis de compuestos orgánicos y fue publicado en una revista de QO, por esta razón fue caracterizado como QO aunque tiene una pequeña sección en donde además de los químicos, se ve aporte de farmacólogos, todos ellos turcos. Los autores definen su propia concepción de QV, consideran la alternativa de solvente como válida a través de la evaluación de los rendimientos, es decir, se considera la optimización de aspectos crematísticos. Además indican que este es un método amigable con el ambiente y que es necesario proponer síntesis alternativas debido a la importancia de los compuestos heterocíclicos para la industria y para la salud. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

3) **Bizzi2011**, titulado “*Evaluation of oxygen pressurized microwave-assisted digestion of botanical materials using diluted nitric acid*” tiene como objetivo evaluar la viabilidad de soluciones diluidas de ácido nítrico para la digestión asistida por microondas de muestras botánicas en recipientes cerrados con atmósfera presurizada de oxígeno. Este artículo es el más característico del Grupo I-3.

Resumen. En el trabajo se discuten la importancia de la etapa de digestión de muestras vegetales para la determinación de la presencia en tejidos vegetales de metales por espectroscopía de absorción o atómica (AAS) o espectrometría de emisión óptica acoplada inductivamente (ICP-OES). Se discuten las ventajas y desventajas de utilizar ácidos concentrados o diluidos (7 o 3 Molar), el calentamiento convencional, por microondas o ultrasonido y la atmósfera natural o la presurizada con oxígeno con recipientes cerrados. Se desarrollan un método de digestión con ácido diluido nítrico diluido (3M), sin agentes auxiliares, utilizando microondas y atmósfera de oxígeno presurizada como oxidante (20bar) en el que logran generar poca cantidad de residuos de laboratorio, mejoras en la eficiencia de la extracción, y disminución de la cantidad de consumo de reactivo (ácido nítrico), no generando otros gases contaminantes (como puede ser NO₂ en ausencia de oxígeno) pues se regenera el ácido, y aumentando la precisión (disminuyendo los límites de cuantificación de los elementos

analizados).

Análisis. Este artículo fue producido por cinco autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. El mismo es un trabajo de QA, publicado en una revista de QA, en la que participan investigadores brasileños de distintas ciudades y laboratorios de química y alimentos, en el que se presenta una técnica alternativa que involucra varios principios de la QV. Las alternativas propuestas son: no utilizan sustancias auxiliares, el reactivo que se usa es en reducida cantidad, se evita generar un producto tóxico, se disminuye el consumo energético, se disminuye el riesgo de accidentes, en este caso emanaciones de gas tóxico. Además se considera la optimización de aspectos crematísticos. Los autores hacen hincapié en que el procedimiento es acorde con las recomendaciones de la QV. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

A continuación presentamos el análisis en profundidad los artículos representativos de los cinco grupos de la Matriz II

1) **Catelani2014**, titulado “*A simple and rapid screening method for sulfonamides in honey using a flow injection system coupled to a liquid waveguide capillary cell*” muestra el desarrollo de un método rápido y sencillo de monitoreo para la determinación de sulfonamidas en muestras de miel. Este artículo es el más característico del Grupo II-1, y, a su vez también pertenece al Grupo I-3, es decir, a la intersección de matrices.

Resumen. En esta publicación se desarrolla un método de monitoreo basado en el interés de la presencia de ciertos antibióticos en la miel. Dichos antibióticos son utilizados durante el procesamiento de este producto natural. En algunos países está prohibida su presencia en la miel porque es perjudicial para la salud humana (puede generar resistencia, alergia o cáncer). Sin embargo, en algunos países como Brasil, una pequeña cantidad es permitida por ley. Considerando los límites de la legislación, estos autores desarrollaron un método que responde a los principios de la QV para optimizar las condiciones analíticas. Asimismo, destaca que la mayoría de los métodos analíticos utilizados hasta el momento tienen varias desventajas. Por ejemplo, la utilización de grandes cantidades de solventes tóxicos, generan residuos y contribuyen a la polución ambiental. Por esta razón, los autores mencionan que es necesario desarrollar métodos menos peligrosos para los humanos y el ambiente. De este modo, su propuesta responde a los requisitos de la QV pues no se utilizan solventes orgánicos, con lo cual se evitan posibles daños ambientales. Además, propone la combinación del uso de un surfactante y un detector de celda capilar de guía de onda líquida lo que incrementa la sensibilidad (límite de detección), reduce el tiempo de trabajo y los costos, es más simple que los anteriores y presenta

buena precisión. Este método de monitoreo propuesto contribuye a la evolución de las tecnologías analíticas verdes.

Análisis. Este artículo fue producido por cuatro autores, de los cuales tres publicaron este único artículo, mientras que el restante participó en dos publicaciones del conjunto de las citas analizadas en este trabajo de tesis. El mismo responde a la QA, publicado en una revista de QA, donde trabajan químicos brasileños y portugueses que vinculan el desarrollo de una técnica con la aplicación hacia la alimentación motivados por la legislación de Brasil. Su motivación es la de evitar daños ambientales. Además se considera la optimización de aspectos crematísticos. Por estas razones utilizan las alternativas verdes que responden a los principios de la QV como prevenir la generación de residuos y reducir el uso de sustancias auxiliares. Los autores hacen hincapié en que el procedimiento contribuye a la evolución de la QAV, es decir, las tecnologías analíticas verdes. Por otro lado, muestra su interés sobre “humanos y el ambiente” de forma separada, lo que podría interpretarse como la salud humana y la contaminación del ambiente. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local con aporte extranjero y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

2) **Carpita2010**, titulado “*Microwave-assisted synthesis of indole- and azaindole-derivatives in water via cycloisomerization of 2-alkynylanilines and alkynylpyridinamines promoted by amines or catalytic amounts of neutral or basic salts*” describe y utiliza un método eficiente para la preparación de indoles y azaindoles sustituidos utilizando microondas y sin catalizadores. Este artículo es el más representativo del Gripo II-2.

Resumen. Destacando la importancia de los sistemas con anillos indoles y azaindoles en sustancias con actividad biológica y aplicaciones como la farmacéutica. Los autores desarrollan un método en el que consideran los costos y la contaminación que pueden causar los catalizadores. Este es un método que responde al interés de generar estrategias más limpias y benignas. Aquí evalúan diferentes factores como la concentración de sales, presencia de bases, catalizadores, tiempos de reacción, cantidad y tiempos de ciclos de microondas o calentamiento convencional, diferentes sustratos y solvente agua. Definieron un método con los mejores tiempos de reacción, eficiencia y rendimiento en el que utilizan solvente agua, medio salino básico y ciclos de microondas.

Análisis. Este artículo fue producido sólo por dos autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. Este es un artículo de QO publicado en una revista de QO y escrito por químicos italianos que trabajan en laboratorios con orientación industrial y medicinal, en el que se consideran aspectos crematísticos y se proponen alternativas verdes como la utilización de microondas y solvente agua, alternativas acorde con los principios de QV de

reducir el uso de sustancias auxiliares y disminuir el consumo energético. Además, pone de manifiesto que este intento responde a los intereses de generar propuestas más limpias y benignas. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

3) **Pace2011**, titulado “*Highly regioselective control of 1,2-addition of organolithiums to α,β -unsaturated compounds promoted by lithium bromide in 2-methyltetrahydrofuran: a facile and eco-friendly access to allylic alcohols and amines*” muestra la eficiencia de un método simple y de alto rendimiento para la preparación de alcoholes alílicos y aminas alílicas. Este artículo es el más característico del Grupo II-3.

Resumen. En este trabajo, los autores proponen un método de producción de alcoholes alílicos y aminas alílicas debido a la importancia de estas sustancias en la síntesis orgánica de compuestos biológicamente activos. Además se discuten las ventajas y desventajas de otros métodos y de éste teniendo en cuenta aspectos como la selectividad, el uso de catalizadores, la cinética entendida como la velocidad de las reacciones en función de los sustratos, reactivos, aditivos y temperatura (negativa o 0° C) y la posibilidad de escalado. Por todo esto, destacan la necesidad de desarrollar procedimientos de síntesis con el objetivo de expandir la aplicabilidad en diferentes sustratos y mejorar la factibilidad. Consecuentemente, desarrollan un protocolo verde, caracterizado por ser simple y eficiente en el que utilizan un solvente verde, eco-amigable (MeTHF), a 0° C (lo que lo hace escalable), rápido y de alto rendimiento.

Análisis. Este artículo fue producido por cinco autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. La disciplina del mismo es la QO, publicado en una revista de QO por autores de tres países europeos de España, Austria e Italia de laboratorios universitarios de síntesis química y de farmacología. Se desarrolla un protocolo para producir sustancias que serán reactivos para otras reacciones de síntesis de sustancias biológicamente activas. La alternativa involucra la utilización de un solvente verde, al que lo llama eco-amigable y centra la atención en las ventajas crematísticas y técnicas y la posibilidad de llevarlo a escalas mayores. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” europeo y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

4) **GarcíaPinto2011**, titulado “*A simplified Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe approach for the determination of trihalomethanes and benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in soil matrices by fast gas chromatography with mass spectrometry detection*” presenta el desarrollo desarrollado un método basado en “QuEChERS” (“Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe” o Rápido, Fácil, Barato, Efectivo, Rugoso y Seguro) para la determinación de THMs (trihalometanos) y BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) en muestras de suelo.

Este artículo es el más representativo del Grupo II-4.

Resumen. El suelo es una matriz muy heterogénea que se encuentra sometida a la polución intensiva y juega un rol importante en el ambiente debido a que previene la contaminación de ecosistemas adyacentes. Unos de los contaminantes más tóxicos y carcinogénicos son los VOCs (compuestos volátiles orgánicos) que pueden, a largo plazo, contaminar las aguas subterráneas, la atmósfera y los cultivos. Demás puede llegar al hombre por inhalación, ingestión (aguas o comida) o a través de la piel. Además tiene impacto en animales y pueden deteriorar las propiedades del suelo. En éste, su remoción es complicada, costosa y lenta. Existen diferentes normas y protocolos de instituciones internacionales que los clasifican y catalogan según los diferentes grados de carcinogenicidad y según la frecuencia, toxicidad y la exposición potencial a los humanos. Por otro lado, para los VOCs el paso crítico para su determinación es el de la extracción. Este paso tradicionalmente ha sido muy lento y de requerimientos de grandes cantidades de solventes. Por esta razón, en la QA está la meta de desarrollar técnicas de pretratamiento de muestras amigables con el ambiente en las que no se usan o se minimiza el uso de solventes, y que sean más rápidas y selectivas. Dichas técnicas presentan ventajas respecto a aspectos toxicológicos, ambientales y económicos. Algunas de estas técnicas “verdes” se pueden aplicar a los VOCs aunque tienen desventajas respecto al tiempo de extracción. Una de ellas es la QuEChERS, una herramienta poderosa, en la que se omiten o reemplazan pasos analíticos complicados, no se necesita instrumental complejo ni costoso ni de gran experiencia, el pretratamiento de muestra es mínimo y la cantidad de solventes también. Además, el tiempo total no es demasiado, los costos son bajos y los resultados son de alta calidad. En este trabajo se adaptó y se optimizó esta técnica a muestras de suelo y a VOCs (algo recientemente propuesto). De este modo, las cantidades de muestras son mayores que lo habitual para garantizar un bajo límite de cuantificación. Es decir, se ha logrado mejorar la selectividad y la sensibilidad del método con excelentes valores de repetibilidad y reproducibilidad. La validación del mismo se realizó con dos materiales certificados. Los resultados más satisfactorios se obtuvieron para los compuestos menos volátiles.

Análisis. Este artículo fue producido por tres autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. Los mismos pertenecen a un mismo laboratorio de QA español y publicaron en una revista de QA. Ellos se proponen mejorar una técnica analítica que posee características de QV (Rápido, Fácil, Barato, Efectivo, Rugoso y Seguro) pero que ha sido poco utilizada para suelos y para VOCs, particularmente, considerando aspectos técnicos y crematísticos. Además, destinan gran parte del texto a justificar la motivación, más allá de lo que denominan económico, respecto de lo toxicológico y ambiental desde una mirada

antropocentrista. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

5) **HernándezMesa2014**, titulado “*Novel cation selective exhaustive injection-sweeping procedure for 5-nitroimidazole determination in waters by micellar electrokinetic chromatography using dispersive liquid–liquid microextraction*” presenta un método novedoso para la determinación de 5-nitroimidazoles (5-NDZ) en aguas ambientales. Este artículo es el más característico del Grupo II-5.

Resumen. Los antibióticos de la familia del Metronidazol son esenciales para los humanos pero han sido prohibidos para uso veterinario en la unión Europea, China y EEUU debido a que se han reportado como mutagénicos, carcinogénicos y genotóxicos, además de su ecotoxicidad, debido a que por ser poco biodegradables, son altamente bioacumulables. Adicionalmente, se han detectado en aguas residuales por lo que hay muchos trabajos científicos destinados a la remoción de la plantas de tratamiento de aguas servidas. Por todo lo mencionado, a estas drogas se las considera como micro-contaminantes emergentes del agua. Asimismo, en la última década, se han incrementado investigaciones acerca de los riesgos ambientales causados por estos antibióticos. Sin embargo, los autores consideran que se necesita más información acerca de la presencia y de los niveles en los ecosistemas. Por lo tanto, sostienen que son necesarias nuevas tecnologías analíticas de determinación y cuantificación para evaluar la exposición de estas drogas al ambiente y sus riesgos. Consecuentemente, en este trabajo se propone la combinación y adaptación de dos métodos, uno de pre-tratamiento de muestras y otro de detección, que hasta entonces no se utilizaba en este tipo de muestras (aguas) para dichas drogas. En el artículo analizan aguas de un río español contaminado con drenaje de cultivo de peces y subterráneas localizadas en zona de ganado. Además mencionan que las variables químicas e instrumentales fueron optimizadas por diseños experimentales (quimiometría). Por lo tanto, los autores postulan que su propuesta tiene características “verdes” por ser rápida, consume poca cantidad de muestra y de reactivos, genera bajo impacto, simple, de bajo costo, bajo consumo de solventes, con un límite de detección de 2.44 ng/ml, repetibilidad satisfactoria y precisión intermedia.

Análisis. Este artículo fue producido por sólo dos autores, los cuales publicaron este único artículo del conjunto de las citas analizadas. Los mismos son químicos analíticos de un laboratorio universitario español, siendo éste un trabajo de QA, publicado en una revista de QA. Presentan un método novedoso que combina técnicas preexistentes a las que han optimizado para la detección de antibióticos en aguas naturales de España. La justificación se basa en que se encuentra prohibido el uso veterinario de dichas drogas por ser bioacumulables, mutagénicos,

carcinogénicos y genotóxicos. Consideran aspectos técnicos y crematísticos. En conclusión, este discurso califica como utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

Discusión

El presente capítulo cuenta con cuatro secciones. En las tres primeras realizamos la discusión para los resultados obtenidos en las tres secciones del capítulo anterior. Por último presentamos las conclusiones a modo de cierre.

Caracterización de la muestra

Con el fin de analizar estadísticamente la evolución de las publicaciones en el período en el cual la QV fue aceptada e incorporada en la práctica científica, escogimos ciertas publicaciones y las sometimos al siguiente estudio:

Seleccionamos los 612 artículos científicos originales que mencionaron QV en su título, resumen o palabras claves publicadas en la plataforma digital SD en el período comprendido entre los años 2009 a 2015 inclusive. A partir de ellos, realizamos una nueva selección con los artículos provenientes de las revistas de mayor índice de impacto, quedando una muestra de 163 publicaciones. En ella encontramos que el 60 % de los artículos se distribuye equitativamente entre artículos correspondientes a la QO y a la QA exclusivamente, el resto corresponde a QS, QI, FQ, BM. Los de QO publicaron en la revista *Tetrahedron* y las de QA en tres revistas, en *Talanta* y en *Journal of Chromatography A*, en cantidades equivalentes y en menor proporción, en *Analytica Chimica Acta*. Otros grupos minoritarios fueron los que publicaron en las revistas *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, *Journal of Molecular Liquids Food Chemistry* y *European Journal of Medicinal Chemistry*, ordenados en forma decreciente. Este análisis nos indica que la mayoría de las publicaciones de QV provienen de subdisciplinas básicas y tradicionales de la química (orgánica y analítica), en cambio, aquellos que vinculan la ciencia con las aplicaciones hacia los alimentos o la salud y los vinculados con los principios de la QV responden a un grupo minoritario.

Por otro lado, analizando cantidad de publicaciones realizadas cada año observamos que la cantidad de publicaciones fue incrementando desde el primero (11 artículos), hasta triplicarse el sexto año y finalmente decrece hasta superar el doble del primer año. Este comportamiento de aumento y disminución se observa también para las publicaciones de QO y de QA (en las revistas mencionadas más arriba). Es decir, son las subdisciplinas tradicionales las que definen la tendencia. Además, las dos revistas vinculadas con los principios de la QV, catalizadores y solventes, en el primer caso el comportamiento es de un incremento leve y en el segundo las publicaciones se presentan recién en los últimos tres años. Esto parece indicar un impulso para dichas revistas a finales del período estudiado. Por último, respecto de la química aplicada a la búsqueda de la contaminación en los alimentos, encontramos la misma tendencia, sin embargo para la química aplicada a la salud vemos que la cantidad siempre es baja o nula, lo que sugiere

que no hubo un gran impacto de la QV en esta área.

Por lo tanto, los resultados hasta aquí analizados nos indican que las disciplinas clásicas de la Ciencia Química como la analítica y la orgánica son las que lideran a la QV. Además, esto significa que dichas ciencias básicas han incorporado aspectos de la conciencia ambiental para lograr reconocimiento dentro de la QV y, por otro lado, que las revistas convencionales de investigación en Química difunden proyectos en los que se contempla dicha conciencia. Consecuentemente, los científicos han logrado reposicionar a la Química frente a la mirada acusadora de sociedad civil, mostrando que esta ciencia (y la industria) tan cuestionadas por ser responsables históricos de la contaminación ambiental, ha modificado su tendencia incorporando aspectos que involucran el cuidado del ambiente.

Además de analizar la evolución de las publicaciones en el tiempo, estudiamos la participación de los investigadores con el fin de discernir el potencial del sector de la comunidad científica que se dedica a la QV. En una primera aproximación, encontramos que la mayoría de los artículos (63%), los autores sólo han aportado en una oportunidad al total de los 163 artículos estudiados, este dato corresponde al 91% de los autores. Ahora bien, si recordamos el contexto, en un período de siete años, en las revistas más reconocidas por la comunidad científica, y, si consideramos que la misma comunidad valida el aporte de cada autor en función de la cantidad de artículos publicados en dichas revistas, los valores hallados arrojan información acerca de que la mayoría de los investigadores, en su práctica habitual de laboratorio, no producen demasiados aportes que ameriten publicarse dentro de los saberes de QV de mayor reconocimiento. Esto puede deberse a que dichos científicos, en sus prácticas de QV generan habitualmente conocimiento de menor peso y sólo en una oportunidad lograron producir un artículo destacado, o quizá estos sujetos realizan otras prácticas de la ciencia Química, y en una oportunidad en el período se vincularon con la QV. En cualquiera de los casos, el comportamiento que predomina es el de la excepción, es decir, podemos afirmar que la mayoría de los científicos que participan en las revistas científicas de mayor índice de impacto no se dedican a la QV exclusivamente en los mayores estándares de excelencia científica.

Asimismo, realizamos una caracterización de los países participantes en estas publicaciones destacadas. Analizamos la frecuencia de publicación para cada país y encontramos que los países que más han aportado son España, Irán, China, Brasil, Italia y EEUU, en orden decreciente. Cabe aclarar que entre ellos capitalizan el 56% de las publicaciones. Incluso, en este grupo encontramos el país con mayor Factor H, EEUU, sin embargo los que más aportan tienen un reconocimiento internacional relativamente bajo (España) y bajo (Irán). Esto muestra una gran dispersión en cuanto a los países con mayor contribución hacia la QV. Es decir, que los saberes científicos que conforman a la QV y que tienen mayor reconocimiento por la comunidad

científica, se producen en los distintos tipos de países. Estos datos muestran una gran accesibilidad a las tecnologías de QV tanto para países desarrollados como no desarrollados, los de mayor y menor reconocimiento por la comunidad científica.

Por otra parte, al estudiar la cooperación entre naciones, hallamos que en el 85% de los casos las publicaciones provienen de un único país. Esto sugiere que prima un desarrollo localizado en aspectos de QV. Además, es posible que sea menor la cantidad de casos en la que se evidencian temas comunes a diferentes países, aunque esta posibilidad no puede aseverarse con este tipo de análisis.

Análisis estadístico

Los doce principios de la QV describen una propuesta, la de prevenir, evitar o disminuir contaminaciones, riegos y consumo de materia y energía a modo de ahorro de capitales. Asimismo, la propuesta de Anastas y Warner apunta que los científicos modifiquen sus prácticas de laboratorio a fin de se preserven recursos (gastos) y eviten tratamientos (lo que genera un gasto también). Luego, si las prácticas son optimizadas, estas mejoras podrían escalarse a la industria, generando modos de producción alternativos, menos contaminante y más económicos.

Por esta razón, en este trabajo de tesis analizamos los artículos de las revistas más reconocidas por la comunidad científica, con el fin de entender el comportamiento y los intereses de los científicos que se dedican a la QV. Por un lado, analizamos cuáles son las alternativas utilizadas y a continuación el nivel de compromiso respecto de la QV. Esto fue posible gracias al análisis multivariado realizado en dos matrices construidas a partir de la información exclusivamente de los títulos, palabras claves y resúmenes de 152 artículos. En la Matriz I se analizan cuestiones técnicas y en la Matriz II las intenciones, los intereses y el compromiso de los cambios propuestos.

Matriz I

A partir de los doce principios de QV identificamos once alternativas técnicas que pueden presentarse en los trabajos científicos. Con ellas construimos las variables y los indicadores para una matriz de datos. Luego de completar la planilla de la matriz pudimos detectar que todos los artículos presentan al menos una alternativa y como máximo utilizan cinco. Al notar tan baja utilización de los indicadores seleccionados, procedimos a hacer un gráfico para evaluar la cantidad de artículos en los que se presenta.

El indicador de más utilizado fue el de la utilización de solventes alternativos, estando presente en el 67% de los artículos. Esta es una propuesta que en general se presenta en artículos

de QO, QI o FQ. A éste, le sigue el monitoreo de la contaminación generada en tiempo real mediante técnicas de QA. Esa propuesta está presente en el 25% de las publicaciones. Las demás propuestas van desde el 16 al 1%.

Estos resultados confirman que son escasas las propuestas alternativas exploradas por los científicos en los artículos analizados. El mayor interés en las publicaciones analizadas reside en el reemplazo de los solventes orgánicos, grandes contaminantes usados en laboratorio y en escalas industriales. Además, en diversos casos encontramos que se propuso el uso del agua, un solvente económico e inocuo, aunque las soluciones acuosas requieren ciertos criterios de seguridad (instrumental) para su utilización. Incluso, el tratamiento y descarte son notablemente más económicos. Por otro lado, cabe destacar también que esta propuesta habilita el desarrollo de otros solventes como los líquidos iónicos que responden a otras subdisciplinas como QI y FQ.

Por su parte, el uso de catalizadores se presenta en el 44% de los artículos. El 20% propone la utilización de los mismos y el 24% el desarrollo de nuevos tipos. Este indicador nos muestra que en dichos artículos, indirectamente se apunta al ahorro de capitales, ya que los catalizadores logran reducir el tiempo de las reacciones químicas y además puede consumirse menores cantidades de reactivos.

Finalmente, no encontramos artículos que propongan evitar la formación de derivados, sino al contrario, en el 28 % de ellos encontramos que no se evita. Esta alternativa es también característica de la QO.

A continuación, los datos de la matriz fueron volcados en el programa informático SPAD®, que analiza los valores que adquieren los indicadores para cada artículo y los agrupa como puntos en un plano. La cercanía entre los puntos indica asociación entre las respectivas categorías. Así es como pudimos confirmar la asociación entre revistas y subdisciplinas. Además, se destaca la vinculación de éstas con determinados indicadores o alternativas propuestas. Esto se relaciona con lo discutido más arriba. Es decir, en cada revista sólo encontramos un determinado grupo de indicadores, los que pueden estar todos presentes o sólo algunos en cada artículo de dicha revista.

Además, en función de las tendencias, el programa genera grupos con la información de asociación de los indicadores en títulos, resúmenes y palabras clave. En este caso, se formaron tres grupos. Por un lado el Grupo I-1, contiene el 9 % de los artículos, posee todas las publicaciones de la revista *Food Chemistry* y todas las de la subdisciplina QS. Además, este grupo no se caracteriza por alguna alternativa de QV en particular. Por otro lado, el Grupo I-2 posee el 53% de los artículos, todos ellos pertenecen a la subdisciplina QO. Éste se caracteriza por las revistas *Journal of Molecular Catalysis* y *Tetrahedron*, y, además se destacan las alternativas de utilización de catalizadores y el desarrollo de nuevos catalizadores. Por otro lado,

todos los artículos de este grupo pertenecen a la sub-disciplina QO. Por último, el Grupo I-3, contienen el 38 % de las publicaciones, se caracteriza por la sub-disciplina QA, las revistas *Talanta*, *Analytica Chimica* y *Journal of Chromatography A*; la alternativa del monitoreo de la contaminación por métodos de QA y las que consideran la generación de subproductos o contaminación.

De este modo, los resultados obtenidos de este primer análisis multidimensional confirman la idea de que sólo algunas alternativas se utilizan en las subdisciplinas químicas principales. Es decir, para la ciencia química, particularmente orgánica de síntesis, se utiliza principalmente la alternativa de QV de catálisis y para la ciencia química, particularmente analítica, se utilizan las alternativas de QV de monitoreo en tiempo real de contaminación y contempla la posibilidad de generación de subproductos. Las demás subdisciplinas no se caracterizan por alguna alternativa de la QV en particular. Por último, el análisis multivariado permite concluir, por lo hasta aquí expuesto, que el grupo mayoritario es el que responde a la QO y al uso de catalizadores como alternativa principal, luego le sigue el de QA con las dos alternativas mencionadas. Además, las otras subdisciplinas son minoritarias para este análisis y la aplicación del resto alternativas de QV es dispersa para ellas.

Estos resultados corroboran que tanto la QO como la QA, dos subdisciplinas de peso en la Ciencia Química, han sido permeadas por la propuesta de Anastas y Warner. Sin embargo, a pesar del tiempo transcurrido desde su fundación, la QV no ha logrado modificarlas, sino que modestamente ha logrado incorporar escasos principios específicos en sus poco frecuentes publicaciones.

Matriz II

Con el fin de analizar cuán profundamente se encuentran comprometidos los científicos con la QV construimos una matriz en la que se evalúan las tendencias y los intereses que justifican la utilización de las alternativas de la QV. En esta matriz definimos cinco variables activas que se describen a continuación.

El NIVEL DE CAMBIO es una variable que intenta mostrar cuánto consideran los científicos que la realidad debe cambiar. Es decir, si en los textos de las publicaciones se discute que alguna conducta humana, algún proceso industrial, o algún aspecto de la ciencia deben cambiar, si ese cambio debe ser radical o moderado. Los resultados indican que los indicadores más utilizados son reusar y reciclar, que responden a propuestas de cambio moderado, pero sólo están presentes, en un promedio, del 15% de las publicaciones.

La variable RIESGO permite explorar cómo caracterizan o denominan los investigadores a los impactos o sustancias que los generan, o refieren a los riesgos ambientales. Encontramos que

el indicador más utilizado es uno que describe las tecnologías amigables (con el ambiente, los humanos, animales, etc.), pero tan sólo es utilizada en el 16% de las publicaciones. Los siguientes indicadores más usados son los que refieren a contaminación y basura. Vemos en este caso que no predominan los indicadores alarmantes sino por el contrario, son más utilizados los moderados y gentiles.

Cuando evaluamos dónde reside el interés de los científicos respecto de los efectos nocivos de la contaminación, con la variable BLANCO DEL EFECTO, encontramos que el ambiente es el más considerado, con sólo un 25 % de menciones en las publicaciones, siguiéndole las aguas con un 13%. Aquí vemos algo notable, que el mayor interés, aunque presente en sólo un cuarto de las publicaciones, se encuentra en un sistema complejo y no en especies en particular.

Por otro lado, la variable que permite evaluar el interés en los costos, ganancias o pérdidas de tiempo y dinero es la que llamamos ÍNDOLE CREMATÍSTICA. En este caso, algo que resalta es que los indicadores vinculados con esta variable son los más utilizados en esta matriz, con indicadores que se presentan aproximadamente en un 40% de los casos aproximadamente (eficiencia y rendimiento).

La última variable estudiada es la que intenta analizar si en los artículos se habla de la sustentabilidad, pero encontramos que sólo en el 5% de los artículos se menciona los indicadores relacionados.

Los resultados del segundo AMD de las 152 publicaciones respecto de estas cinco variables teóricas muestran que se formaron cinco grupos por la tendencia a la utilización de indicadores en títulos, resúmenes y palabras clave. Uno de los grupos se caracteriza por la no utilización de indicadores, **Grupo II-1**. Esto es acorde a lo discutido más arriba, puesto que observamos baja frecuencia de utilización de los indicadores, lo que sugiere que en los textos de estos artículos es escasa la argumentación o justificación que acompañe la propuesta científica. Por otro lado, grupo mayoritario es el **Grupo II-2**, que se caracteriza por utilizar los indicadores ÍNDOLE CREMATÍSTICA. Esto se relaciona con lo mencionado anteriormente, en relación a que estos indicadores son los más utilizados en los artículos. También se destaca que el grupo más numeroso se caracteriza porque en sus argumentaciones acerca de la aplicación de las alternativas de la QV principalmente se focaliza en este tipo de intereses. A continuación, los grupos que le siguen en cantidad de publicaciones son el **Grupo II-3** y el **Grupo II-5**, dos grupos que se caracterizan por la utilización de la variable EFECTOS en sistemas complejos (ambiente y aguas) y por considerar los RIESGOS moderada o amigablemente. Además el **Grupo II-5** considera cuestiones de índole CREMATÍSTICA. Finalmente, el **Grupo II-4**, el minoritario, contiene la mayor variedad de indicadores.

En suma, los argumentos de índole crematística son los más utilizados en la comunidad

científica estudiada para la aplicación de propuestas de QV en la investigación en Química. Además, se consideran principalmente los efectos moderados de la contaminación y proponen tecnologías amigables con el ambiente. Esto conlleva a inferir que la QV es una propuesta moderada frente a los problemas ambientales puesto que en su argumentación no se destacan cambios radicales de tecnologías y tampoco mencionan los mayores riesgos ambientales presentes en la actualidad, sino que tiene un posicionamiento suave, que minimiza los problemas ambientales y cuyo principal interés es de índole crematística, es decir aumentar ganancias y disminuir costos.

Selección de artículos destacados

Con el fin de realizar en análisis en profundidad del el texto completo de los artículos científicos, seleccionamos los primeros artículos de cada grupo, es decir ocho artículos, tres de la primera matriz y cinco de la segunda. A saber, Ghosh2014, Bantreil2014, Carpita2010, Yan2014, Costa2015, de la primera y Dos Santos2014, Catelani2014, Wang2013 de la segunda matriz.

Análisis en profundidad

Los tres artículos seleccionados de la Matriz I provienen cada uno de un único país del tercer mundo, Tailandia, Turquía o Brasil. Todos los autores involucrados han participado en este estudio únicamente con estas publicaciones, es decir, no han aportado más que lo desarrollado en dichas publicaciones. Las propuestas mantienen los procedimientos y tecnologías de la química tradicional, con modificaciones que no son radicales. Los artículos están atravesados por la QO y la QA, y según cada una de éstas, las alternativas de QV propuestas son escasas, siendo la de QA la que más propone (cinco alternativas en el texto completo). Los tres consideran la optimización de aspectos crematísticos, responden al discurso utilitarista y antropocentrista del “desarrollo sustentable” local y se enmarca en el enfoque empírico-analítico (no crítico).

En los cinco artículos seleccionados de la Matriz II analizamos la justificación que presentan los autores para proponer las alternativas tecnológicas verdes. En todos los casos se presentan motivaciones crematísticas. Todos los discursos son antropocentristas, es decir, pondera y separa al ser humano del resto del ambiente. Asimismo, encontramos intereses de investigación científica en la contaminación de alimentos, suelo o agua, en los tres artículos de QA, los que destacan los riesgos con términos de alerta como tóxicos, carcinogénicos bioacumulables, mutagénicos, carcinogénicos y genotóxicos. Por otro lado, los dos artículos de QO, contemplan la síntesis de compuestos, considerando los riesgos de las técnicas indirectamente, al proponer metodologías más limpias y benignas o eco-amigable. Respecto al nivel de cambio propuesto, todos los artículos plantean la necesidad de desarrollar nuevas técnicas, por un lado, algunos

mencionan que el objetivo es evitar o minimizar ciertos riesgos, otros destacan que es para optimizar las existentes. Finalmente, encontramos que ningún artículo menciona la sustentabilidad o el desarrollo sustentable, pero todos ellos sostienen ese discurso debido a que contempla la expansión de las actividades humanas que conlleven mayores beneficios económicos para muchos, mejores empleos y con una salvaguarda ambiental, acompañado por más y mejores tecnologías.

Síntesis

A pesar de haber sido una propuesta originaria de la QO (Anastas y Wasner, 1998), en el período estudiado se observa que el desarrollo científico desde la perspectiva de la QV se presenta, principalmente, tanto desde la QA como de la QO, tanto en instituciones académicas como científicas.

Particularmente, en la QO Verde (QOV), se basa en estrategias para mejorar el desarrollo de nuevos procesos, menos dañinos (Doxsee y Hutchison, 2004). En esta subdisciplina prima el interés industrial, y se aboca a la cuestión de la eliminación de los solventes orgánicos, priorizando las reacciones en fase acuosa, la búsqueda de nuevos reactivos y el tratamiento de residuos (Dicks, 2011). Por otro lado, para la QA Verde (QAV), los científicos han revisado los principios de la QV y postulado unos nuevos 12 adaptados para la QAV. En ella se abocan a la eliminación o reducción del uso de sustancias químicas riesgosas, la minimización del consumo de energía, la gestión adecuada de los residuos analíticos y a proporcionar mayor seguridad para el operador (Galuszka, y col., 2013).

Asimismo, el análisis desarrollado en el presente trabajo muestra que los artículos estudiados expresan la motivación del desarrollo sustentable basada en los intereses de beneficio económico para ciertos sectores, particularmente la industria. Es decir, la perspectiva de la QV, por un lado hacia la QO, en la síntesis de compuestos (nuevos o mediante nuevas técnicas), por otro hacia la QA, en la detección de contaminantes. Ambas iniciativas promueven disminución de inversiones, tanto en relación a la disminución de los tratamientos de efluentes y contaminaciones en suelos, aguas y atmósfera, aspectos que se encuentran normalizados por legislaciones de todos los países; así como mediante el aumento de los rendimientos o la disminución de los tiempos de trabajo.

En relación a esto último, evidenciamos que los argumentos utilizados por los científicos para aplicar la QV son principalmente los crematísticos, y no le dan demasiada importancia a los impactos ni a los cambios radicales de tecnologías, o procesos industriales.

Es coherente con lo mencionado, que sean mucho menos numerosos los artículos destinados a la alimentación y a la salud, pues la noción de que un alimento está contaminado, podría tener

implicancias mucho más drásticas para los productores. Es decir, la ciencia hasta ahora no puede proveer una solución redituable a este tipo de problemáticas, sino solamente actuar en mejorar la certificación de calidad.

En otro orden de cosas, un tema mencionado en la fundamentación de la QV por parte de Warner y Anastas (1998) es el de la ética. Ellos mencionaron que los químicos deben, en un principio, no hacer daño. Por esta razón, evaluamos los posicionamientos éticos y frente a la crisis ambiental global en los artículos estudiados. Lejos de encontrar actitudes bio- o ecocentristas, los resultados nos indican que la ética en el discurso científico es antropocéntrica, es decir, centra su atención en el bienestar del ser humano, y además es utilitarista, lo que implica que ve en el ambientes diferentes elementos o sistemas que puede darle uso para beneficio de la humanidad. En esta instancia cabe aclarar, en función de lo discutido más arriba, que el foco está centrado en el bienestar de cierto sector de la población humana mundial. El resto de los hombres y mujeres (considerada mano de obra) los y demás seres y el soporte natural (como insumos) estarían a disposición para su beneficio. Tal como describimos en otros capítulos, nos encontramos frente al triunfo ideológico del industrialismo, que lleva a pensar el bienestar humano en función de un nivel de vida elevado, determinado por el consumismo, abnegación y sacrificio (McLaughlin, 1999).

Incluso, en cuanto a los paradigmas epistemológicos, observamos que a pesar de que los fundadores de la QV reconocen la existencia del “el riesgo y la incertidumbre, tal como los efectos crónicos, los sinérgicos y la bioacumulación” de ciertas sustancias, en los textos analizados no encontramos un posicionamiento crítico a la ciencia analítica positivista. Además, no encontramos otros saberes o interlocutores más allá de los científicos que validen o pongan en tensión los problemas a los que se aboca o los resultados obtenidos. No obstante, la única excepción hallada es la participación de empresas privadas y organismos gubernamentales (ver apéndice). Esto fortalece la crítica que venimos presentando de que es sólo un sector el que se beneficia con la QV escudándose en “una consigna moral, de los químicos deben tratar de trabajar del modo más benigno que puedan para reducir los riesgos”. Más aún, esto se evidencia con la ponderancia de “términos amigables o suaves” presentes en las publicaciones.

A propósito del aporte de los autores, podemos inferir que la mayoría de ellos no se caracteriza por su dedicación a la QV. Además destacamos el predominio de artículos provenientes de un solo país, lo que sugiere que la QV pudiese estar ocupándose de problemáticas ambientales locales.

Luego, el aumento de la cantidad de publicaciones en el período estudiado, puede cotejarse con el impulso que dio EEUU desde 1990 en cuestiones de legislación referente a la contaminación y el impacto que tuvo en el desarrollo de nuevas tecnologías menos

contaminantes. Estas cuestiones fueron posteriormente implementadas en la Comunidad Europea y en los demás países. Por ejemplo, en nuestro país, la Ley Nacional 25.675, también conocida como Ley General del Ambiente fue sancionada en noviembre de 2002.

Conclusiones

Finalmente, si retomamos los objetivos de este trabajo de tesis, luego del análisis estadístico y en profundidad de una muestra de los artículos más reconocidos de QV en el período que va desde 2009 a 2015, podemos postular que la QV es una propuesta en etapa de crecimiento y desarrollo.

Específicamente encontramos que:

1) La QV ha tenido fuerte impacto en la QA principalmente, y en la QO, que es la que le dio origen. Además, puede destacarse que, en algunos casos, se da la articulación de las disciplinas químicas con otras como las vinculadas con la salud, los alimentos, o diferentes industrias y con instituciones de control ambiental, entre otras, pero no hemos encontrado casos en los que participen otro tipo de saberes (populares, ancestrales, etc.). Por otro lado, es una propuesta científica en pleno desarrollo y crecimiento.

2) En cuanto a la utilización de los 12 principios de la QV, encontramos concordancia y coherencia en cada una de las subdisciplinas prioritarias. Esto quiere decir que hay algunos pocos principios característicos de la QA y otros tantos de la QO. Por lo tanto, la QV formulada por Anastas y Warner en 1998 es parcialmente adoptada por los científicos, es decir, no es una propuesta que pudo adecuarse a ninguna subdisciplina en su totalidad. Asimismo, encontramos que los científicos pertenecientes a dichas disciplinas tradicionales de la Ciencia Química, modificando algunas prácticas tradicionales y siguiendo sólo algunos principios de la QV, publican en revistas de gran reconocimiento científico disciplinar haciendo alusión a la QV.

3) Las respuestas que ofrecen los científicos de la QV frente a problemas específicos (no con miras a la crisis ambiental global) y por lo general locales (principalmente de un único país), se basan en fundamentos crematísticos. Respecto de las alternativas técnicas propuestas más utilizadas, en QO se utiliza principalmente la de catálisis y, para la QA se utilizan las de monitoreo en tiempo real de contaminación y contempla la posibilidad de generación de subproductos.

4) El discurso científico de la QV se caracteriza por ser analítico positivista (no crítico), antropocéntrico y utilitarista. Además, no considera al ambiente como un sistema complejo y se limita a los conocimientos técnicos disciplinares característicos de la QA y QO principalmente, aunque pueden encontrarse aportes o motivaciones de otras ciencias.

Para finalizar estas reflexiones presentamos las limitaciones de este trabajo de tesis y las

posibilidades que nos brinda para seguir investigando. De este modo, destacamos que nuestro estudio fue realizado en una porción de las publicaciones más reconocidas por la comunidad científica, la que pertenece al 25% de las publicaciones científicas (extraídas de la plataforma SD). En nuestra selección, la plataforma nos brindó dichos artículos en los que encontramos que la mayoría de ellos son disciplinares (QA o QO). Quedaría pendiente analizar otras plataformas digitales aranceladas, y hacer particular hincapié en la revista *Green Chemistry* que se encuentra en la plataforma *Web of Science* y tiene un factor de impacto de 8,506.

En otro orden de cosas, consideramos que los parámetros de excelencia primados son impulsados por motivaciones económicas, como mencionamos más arriba. Esto implica que en los textos estudiados, el sistema productivo no se cuestiona y tampoco se destacan discursos críticos al sistema científico de QV. Es decir, lo que se sostiene y sobrevive en términos de producción científica, es lo que responde a los intereses de la industria de la actualidad, globalizada y neoliberal. Los científicos químicos mantienen las tradiciones disciplinares modificando levemente sus prácticas. Además, se basan y sostienen la producción en un modo lineal, inserto en una economía de mercado globalizado, promoviendo la explotación de la naturaleza y de los hombres por parte de otros hombres pertenecientes a los sectores beneficiados. Esto significa que aportan a la irracional devastación de bienes comunes y la contaminación del ambiente, y las desigualdades sociales. Por lo tanto, la QV no se enfrenta a la Crisis Ambiental Global, sino que se enfoca a ciertos Problemas Ambientales Locales (los de interés empresarial), que le permiten sobrevivir en el sistema científico.

Por último, debido a que el sistema científico se sostiene a sí mismo, ya que la comunidad científica es la que determina qué es publicable y los criterios de evaluación para la permanencia dicho sistema, hay que tener en cuenta que si los científicos químicos se posicionan en el paradigma crítico, es probable que no puedan publicar en las revistas más reconocidas. Asimismo, aquellos científicos críticos, no sólo necesitan crear una nueva ciencia, sino que deberán acuñar nuevos términos para una ciencia química crítica, nuevos espacios de publicación, nuevos criterios de reconocimiento y evaluación si pretenden una ciencia alternativa. Si no, sólo podrán someterse a reproducir la ciencia positivista, sostener el modelo productivo y agudizar la crisis ambiental. Además, una opción interesante es continuar esta investigación bibliométrica en otro tipo de plataformas y revistas, ampliando el criterio de selección de indicadores, para encontrar otro tipo de propuestas y analizar si ya existe una Química Crítica.

Bibliografía

Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: Una revisión actualizada. En: <http://www.fundacion-centra.org/pdfs/S200103.PDF> (Fecha de consulta: julio de 2015).

Acosta, A. (2011). Extractivismo y eoextractivismo: dos cara de la misma maldición. Capítulo del libro "Más allá del desarrollo" del Grupo permanente de trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. Fundación Rosa de Luxemburg/Abya Yala. Ediciones Abya Yala.

Aguilar, B., Constanza, M., López López, W., Barreto, I., Bolena Rey, Z., Rodríguez, C., & Vargas, E. C. (2007). Análisis bibliométrico de los trabajos de grado del área organizacional de la Facultad de Psicología de la Universidad Santo Tomás. *Diversitas: Perspectivas en psicología*, 3(2), 317-334.

Aluja Banet T. y Morineu A. (1999). Aprender de los datos: el análisis de los componentes principales: una aproximación desde el "*data mining*". EUB. Barcelona

American Chemical Society, (2015). History of Green Chemistry. The ACS Green Chemistry Institute web site. <http://www.acs.org>. (Fecha de consulta: julio de 2015)

Anastas Paul T y Williamson T.C. (1998). Green chemistry: frontiers in benign chemical syntheses and processes. Oxford University Press, New York. USA

Anastas, Paul T. y Warner, J.C. (1998) Green Chemistry Theory and Practice; Oxford University Press, New York. USA

Asensio, L. J. (1989). Técnicas de análisis de datos multidimensionales: bases teóricas y aplicaciones en agricultura. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Bertalanffy, L. V. (1976). Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones (No. 007 BER). Méjico: Fondo de cultura económica.

Boff, L. (s/r) Ecología: Política, Teología y Mística. <http://www.franciscanos.net/teolespir/ecoboff.htm>. (Fecha de consulta: agosto de 2014)

Carrizo Sainero, G. (2000). Hacia un concepto de Bibliometría. *Revista de investigación iberoamericana en ciencia de la información y documentación*, 1(2), 1-1.

Casullo, P. (2014). Introducción de química verde en educación secundaria: ventajas y desafíos. - colibri.udelar.edu.uy. (Fecha de consulta: julio de 2015.)

Contreras, R. (2011). Desarrollo sostenible y química verde. *Revista Investigación*, aceptado para su publicación.

Del Rincón, D., Arnal, J., Latorre, A., & Sans, A. (1995). Técnicas de Investigación en Ciencias Sociales. Madrid: Dykinson. Cámara Estrella, AM (2009). Construcción de un instrumento de categorías para analizar valores en documentos escritos. *REIFOP*, 12(2), 59-72

Doxsee, K. M., & Hutchison, J. E. (2004). Green organic chemistry: Strategies, tools, and laboratory experiments. Brooks/Cole Publishing Company.

Dos Santos, T. 1997. A Politização da Natureza e o Imperativo Tecnológico, en *Geografia Política do Desenvolvimento Sustentável*, Bertha Becker e Mariana Miranda, ed. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, p.p. 55-62.

- Dicks, A. P. (2011). Green organic chemistry in lecture and laboratory. CRC Press.
- Dobson, A. (1997). Pensamiento político verde. Una nueva ideología para el siglo XXI. Paidós, Barcelona
- Eguiazu G.M. y Motta A. (1997). Tecnognia. Tecnología, riesgos y vías de prevención. UNR Editora. Rosario, Argentina.
- Epa (1990). United States Code Title 42. The public health and welfare. Chapter 133. Pollution Prevention. Items 13101: hallazgos y política. <http://www2.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990#pol.gov/p2/pollution-prevention-act-1990#pol>. (Fecha de consulta: julio de 2015.)
- Epa (1992). The Guardian: Origins of the EPA. <http://www2.epa.gov/aboutepa/guardian-origins-epa>. (Fecha de consulta: julio de 2015).
- Fernández, R. (2000). Gestión Ambiental De Ciudades. Teoría crítica y aportes metodológicos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México. ISBN 968-7913-12-6
- Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1994). The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science. *Ecological economics*, 10(3), 197-207.
- Funtowicz, S. O., y Ravetz, J. R. (1994). Uncertainty, complexity and post-normal science. *Environmental toxicology and chemistry*, 13(12), 1881-1885.
- Gallopín, G. C., Funtowicz, S., O'Connor, M., & Ravetz, J. (2001). Una ciencia para el siglo XXI: del contrato social al núcleo científico. *Revista internacional deficiencias sociales. La ciencia y sus culturas*, (168), 47-62.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Publicación de Naciones Unidas. CEPAL.
- Galuszka, A., Migaszewski, Z., y Namieśnik, J. (2013). The 12 principles of green analytical chemistry and the SIGNIFICANCE mnemonic of green analytical practices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 50, 78-84.
- Gudynas, E. (2012). “Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: una breve guía heterodoxa”. Capítulo en el libro “Más allá del desarrollo”. Del Grupo permanente de trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. Ediciones América Libre.
- Herrera, A. O. (2015). Ciencia y política en América Latina. Colección PLACTED - Ediciones Biblioteca Nacional
- Kuhn, T.S. (1971). La estructura de las revoluciones científicas. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T.S. (1975). Consideración en torno a mis críticos. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento* (p. 400-403). Barcelona: Ediciones Grijalbo.
- Leff, E. (1995). ¿ De quién es la naturaleza? Sobre la reapropiación social de los recursos naturales *Gaceta Ecológica* 1995. No. 37: 28-35. *Gaceta Ecológica*, (37), 28-35.

- Leonard, A. y Conrad, A. (2010). La historia de las cosas. Ed. Fondo de cultura económica de Argentina SA.
- Leopold, A. (2007) Ética de la tierra. Revista chilena de Historia Natural. 80. p 521 – 534.
- Linthorst JA. (2010). An overview: origins and development of green chemistry. Foundations of Chemistry. Volume 12, Issue 1, p 55-68
- Martínez Allier, J. (2003). Ecología industrial y metabolismo socioeconómico: concepto y evolución histórica. Revista Economía Industrial. N° 351
- Marx, K. (1845). Tesis sobre Feuerbach. Archivo digital Marx- Engels. Filosóficos <https://www.marxists.org/espanol/m-e/index.htm>
- Mc Laughlin, A. (1999). El corazón de la Ecología Profunda. Cuba Verde en buca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. Ed. José Martí.
- Michinel, J. L. y D'Alessandro Martínez, A. (1994). El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. Enseñanza de las Ciencias. Vol. 12, p. 369-380.
- Morales Galicia, M. L. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? Educación química, 22(3), 240-248.
- Moscoloni, N. (2005). Las nubes de datos. Métodos para analizar la complejidad. UNR Editora.
- Munda, G. (2002). Métodos y Procesos Multicriterio para la Evaluación Económico-Ambiental de las Políticas Públicas. Departamento de Economía e Historia Económica.– Universidad Autónoma de Barcelona.
- Munda, G. (2004). Métodos y procesos multicriterio para la evaluación social de las políticas públicas. Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica, 1, 31-45.
- Nicolis, G., y Prigogine, I. (1977). Self-organization in nonequilibrium systems (Vol. 191977). Wiley, New York.
- Nicolás, M. M. y Saperas, E. (2011). La investigación sobre Comunicación en España (1998-2007): Análisis de los artículos publicados en revistas científicas. Revista latina de comunicación social, (66), 5.
- Pengue, W. (2009). Fundamentos de la Economía Ecológica. Ed. Kraicón. Buenos Aires.
- Pengue, W. (2012). Los desafíos de la economía verde. ¿Oportunismo capitalista o realidad sustentable? Ed. Kraicón. Buenos Aires.
- Peralta Ramos, M. (1973). Etapas de acumulación y alianzas de clases en la Argentina (1930-1970). Siglo Veintiuno Argentina Editores.
- Pliego, O. y Rodríguez, C. 2012. Introducción a la química general para ingenierías y ciencias exactas. Cámara argentina del libro
- Reverter Masià, J. y Hernández González, V. (2012). Artículos científicos: tipos, secciones y publicación. Movimiento humano, 2012, núm. 3, p. 9-15.

Rojas-Sola, J. I., & de San-Antonio-Gómez, C. (2010). Análisis bibliométrico de las publicaciones científicas mexicanas en la categoría Ingeniería Química de la base de datos Web of Science (1997-2008). *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(3), p. 231-240.

Sanderson, K. (2011). Química: No es fácil ser verde *Nature* 469, p18-20 (2011). Traducción en <http://www.npgiberoamerica.com/union-fenosa/quimica-no-es-facil-ser-verde.html>. (Fecha de consulta: julio de 2015)

Valcarcel, M. (2006). Génesis y evolución del concepto de Desarrollo. Documento de Investigación. Lima

Varsavsky, O. (1969). Ciencia, política y científicismo. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

Varsavsky, O. (1972). Hacia una política científica nacional. Ediciones Periferia.

Yarto, M., Gavilán, A. Martínez, M.A. (2004). La química verde en México. *Gaceta Ecológica*, núm. 72, p. 35-44

APÉNDICE

En esta sección presentamos un análisis realizado de ciertos artículos seleccionados como un abordaje previo al análisis del discurso. Aquí profundizamos el análisis del origen de los autores. Es decir, a partir de la información de las instituciones y los países a los que pertenecen los autores, analizamos la articulación entre ellos y las características disciplinares (por ejemplo, si las instituciones son de QA o QO exclusivamente o si además participan de otras disciplinas). Este estudio detallado de artículos nos permitió caracterizar una porción de la muestra a la que le realizamos el análisis estadístico, con el fin de contextualizar los datos extraídos del análisis en del discurso de los ocho artículos seleccionados de ambas matrices.

Debido a que nuestra intención en esta instancia no es realizar otro estudio estadístico seleccionamos 73 artículos para identificar diversas categorías de cooperación. Inicialmente evaluamos los 61 artículos en los que encontramos que los autores responsables publicaron más de un artículo. De ellos, tomamos tres subgrupos de artículos, cuyos autores que provienen de un único país, en particular nos ocupamos de los ejemplos de Argentina, Brasil e Irán.

En el caso de Argentina, encontramos sólo dos publicaciones (Lozano2013 y Perez2014), las que pertenecen a un único grupo de investigación, el Instituto de Química de Rosario (CONICET-UNR), de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario. Asimismo identificamos este tipo de publicaciones como pertenecientes a la Categoría 0, la que se caracteriza por tener autores de un único instituto.

Por otro lado, en las publicaciones provenientes de Brasil encontramos que se agrupan en dos categorías según la articulación de sus autores y las instituciones a las que pertenecen. Por un lado, en la Categoría A (Tabla I) de publicaciones (Maciel2014a, Bizzi2011, Barin2012 y Pereira2014) encontramos que los autores pertenecen al Departamento de Química, Universidade Federal de Santa María, de Santa María, los que articulan sus trabajos con otras dos instituciones de diferentes localidades en cada publicación, sugiriendo un trabajo interdisciplinario. Los primeros cuatro artículos remiten a la QA, dos de alimentos, uno en vegetales y el último en petróleo, el que se caracteriza además por incluir una empresa privada entre las instituciones de origen. Por otro lado, en la Categoría B (Tabla II) encontramos el patrón de articulación similar entre autores. Se presentan dos artículos de química analítica de alimentos, desde dos o tres instituciones en cada publicación, sugiriendo un trabajo interdisciplinario

CATEGORIA A

Cita	Maciel2014a	Bizzi2011	Barin2012	Pereira2014
País	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil
Revista	Food chemistry	Talanta	Talanta	Analytica chimica acta
Autores	Maciel, Juliana V	Bizzi, Cezar Augusto	Barin, J S	Pereira, J S F
	Knorr, Camila L	Barin, Juliano Smanioto	Pereira, J S F	Mello, P A
	Flores, Erico M M	Müller, Edson Irineu	Mello, P A	Guimarães, R C L
	Müller, Edson I	Schmidt, Lucas	Knorr, C L	Guarnieri, R A
	Mesko, Marcia F	Nóbrega, Joaquim A	Moraes, D P	Fonseca, T C O
	Primel, Ednei G	Flores, Erico Marlon Moraes	Mesko, M F	Flores, E M M
	Duarte, Fabio A		Nóbrega, J A	
			Korn, M G A	
			Flores, E M M	
Institutos	Escola de Química e Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande, 96203-900 Rio Grande, RS, Brazil	Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil	Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil	Departamento de Química Inorgânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 97105-900 Porto Alegre, RS, Brazil
	Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil	bInstituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Bioanalítica, Campinas, SP, Brazil	Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brazil	Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria, RS, Brazil
	Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, 96010-610 Pelotas, RS, Brazil	Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900, Santa Maria, RS, Brazil	Instituto de Química e Geociências, Universidade Federal de Pelotas, 96010-610 Pelotas, RS, Brazil	CENPES/PETROBRAS, 21941-945 Rio de Janeiro, RJ, Brazil
		Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 13565-905, São Carlos, SP, Brazil	Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 13565-905 São Carlos, SP, Brazil	

Tabla I. La Categoría A se caracteriza por su origen, Brasil y la disciplina QA que articula con alimentos (QAL), QI, una empresa e investigadores e institutos que se repiten.

CATEGORIA B

Cita	Rodrigues2010	Mageste2009
País	Brasil	Brasil
Revista	Talanta	Journal of chromatography. A
Autores	Rodrigues, Guilherme Dias	Mageste, Aparecida Barbosa
	de Lemos, Leandro Rodrigues	de Lemos, Leandro Rodrigues
	da Silva, Luis Henrique Mendes	Ferreira, Guilherme Max Dias
	da Silva, Maria do Carmo Hespanhol	da Silva, Maria do Carmo Hespanhol
	Minim, Luis Antonio	da Silva, Luis Henrique Mendes
	Coimbra, Jane Sélia dos Reis	Bonomo, Renata Cristina Ferreira
		Minim, Luis Antonio
Institutos	Grupo de Química Verde Coloidal e Macromolecular, Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Viçosa, MG 36560-000, Brazil	Grupo de Química Verde Coloidal e Macromolecular, Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs s/n, 36570-000, Viçosa, MG Brazil
	Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil	Laboratório de Engenharia de Processos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brazil
		Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Brazil

Tabla II. La Categoría B se caracteriza por su origen Brasil y la disciplina QA que articula con alimentos o coloides, investigadores e institutos que se repiten.

Por su parte, las publicaciones provenientes de Irán, se agrupan en otras dos categorías, esta vez caracterizadas por las revistas de origen. Tenemos entonces las provenientes de las revistas *Journal of Molecular Liquids*, Categoría C, y las de *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, Categoría D. En la Categoría C (Tabla III), encontramos el mismo tipo de comportamiento que en el caso de Brasil, autores que se repiten y articulan en dos subgrupos según las instituciones a las que pertenecen, uno con cinco publicaciones y otro con dos. En la segunda, Categoría D

(Tabla IV), encontramos otro tipo de comportamiento. En cinco publicaciones encontramos dos grupos de articulación y una sin alguna.

CATEGORÍA C

Cita	Azizi2013b	Azizi2014	Azizi2015	Godajdar2013	Godajdar2015	Sadeghzadeh2014	Sadeghzadeh2015
País	Irán	Irán	Irán	Irán	Irán	Irán	Irán
Revista	J M L	J M L	J M L	J M L	J M L	J M L	J M L
Autores	Najmedin Azizi	Najmedin Azizi	Najmedin Azizi	Bijan M Godajdar	Bijan M Godajdar	Seyed M Sadeghzadeh	Seyed M Sadeghzadeh
	Sahar Dezfooli	Sahar Dezfooli	Masoumeh Alipour	Ali Reza Kiasatb	Biti Ansari	Faeze Daneshfarb	Maryam Malekzadehb
	Meyssam Khajeha	Mohammad M Hashemic		Mohammad M Hashemic			
Institutos	Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran	Chemistry & Chemical Engineering Research Center of Iran, P.O. Box 14335-186, Tehran, Iran	Department of Green Chemistry, Chemistry & Chemical Engineering Research Center of Iran, P.O. Box 14335-186, Tehran, Iran	Department of Chemistry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran	Department of Chemistry, Islamic Azad University Omidyeh Branch, Omidyeh, Iran	Department of Chemistry, College of Sciences, Birjand University, P.O. Box 97175-615, Birjand, Iran	Department of Chemistry, College of Sciences, Birjand University, P.O. Box 97175-615, Birjand, Iran
	Young Researchers and Elite Club, Amol Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran	Young Researchers and Elites Club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran		Department of Chemistry, College of Science, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran		Department of Physics, College of Sciences, Birjand University, P.O. Box 97175-614, Birjand, Iran	Department of Chemistry, Payame Noor University, P.O. Box 19395-4697, Tabas, Iran
	Faculty of Chemistry, University of Mazandaran, Babolsar 47415, Iran	Department of Chemistry, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran		Department of Chemistry, Sharif University of Technology, Tehran, Iran			

Tabla III. La Categoría C se caracteriza por su origen Irán, la revista *Journal of Molecular Liquids* que articula química y física, investigadores e institutos que se repiten.

CATEGORÍA D

Cita	Baghbanian2015a	Khaligh2011	Khaligh2011a	Kiasat2013	Zolfigol2015
País	Irán	Irán	Irán	Irán	Irán
Revista	JM C	JM C	JM C	JM C	JM C
Autores	Seyed M Baghbaniana	Nader Ghaffari Khaligh	Nader Ghaffari Khaligh	Ali Reza Kiasat	Mohammad Ali Zolfigola
	Maryam Farhangb,		Farhad Shirini	Jamal Davarpanah	Saeed Bagherya,
	Seyed M Vahdata,				Ahmad R Moosavi-Zareb
Institutos	Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran	Department of Chemistry, College of Sciences, Guilan University, Rasht 41335-19141, Iran	Department of Chemistry, College of Science, University of Guilan, Rasht, Iran	Chemistry Department, College of Science, Shahid Chamran University, Ahvaz 61357-4-3169, Iran	Faculty of Chemistry, Bu-Ali Sina University, Hamedan 6517838683, Iran
	Young Researchers and Elite Club, Amol Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran				Department of Chemistry, Sayyed Jamaledin Asadabadi University, Asadabad 6541835583, Iran
	Faculty of Chemistry, University of Mazandaran, Babolsar 47415, Iran				Department of Chemistry, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, P.O. Box 678, Amol, Iran

Tabla IV. La Categoría D se caracteriza por su origen Irán, la revista *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, sólo química, investigadores e institutos que se repiten.

Con estos ejemplos finalizamos el análisis de algunos casos seleccionados de las publicaciones que provienen de un único país. Ahora bien, volviendo a las publicaciones que presentan autores de distintos países que han publicado en más de un artículo, pasaremos a analizar en detalle las características de algunos de los mismos.

Respecto a los dos artículos de origen exclusivamente sudamericano, en la Categoría E

(Tabla V), encontramos que ambos provienen del mismo grupo de la UNR (el mismo mencionado más arriba), uno articula con instituciones de Chile y otro con del Brasil. En ambos casos, las publicaciones se realizaron en la misma revista, de QA, y los institutos son todos de química, es decir, no aparentan ser de carácter interdisciplinario. Por otro lado, en los tres artículos en los que participan autores latinoamericanos y europeos, Categoría F (Tabla V), observamos que los mismos autores de Argentina y Chile de la Categoría E, trabajan en cooperación con sendos institutos Españoles de Química, manteniendo el tipo de trabajo de QA. Además, se da articulación entre Brasil y Portugal también se limita a la QA.

CATEGORÍA E			CATEGORÍA F		
Cita	Canas2014	Culzoni2012a	Catelani2014	HurtadoSánchez2015	Manzo2014
Revista	Analytica C A	Analytica C A	Talanta	Talanta	JChromatography
País	Chile y Argentina	Brasil y Argentina	Brasil y Portugal	Argentina y España	Chile y España
Institutos	Departamento de Química Inorgánica y Analítica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile	Cátedra de Química Analítica I, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral, Ciudad Universitaria, Santa Fe S3000ZAA, Argentina	Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", UNESP, R. Prof. Francisco Degni 55, PO Box 355, 14800-900 Araraquara, SP, Brazil	Department of Analytical Chemistry, University of Extremadura, 06006 Badajoz, Spain	Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Faculty of Chemical and Pharmaceutical Sciences, University of Chile, P.O. Box 653, Santiago, Chile
	Instituto de Química Rosario (CONICET-UNR), Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario, Suipacha 531, 2000 Rosario, Argentina	Chemistry Department, Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), Rio de Janeiro, RJ 22453-900, Brazil	REQUIMTE, Laboratório de Química Aplicada, Departamento de Química, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Rua de Jorge Viterbo Ferreira n.º 228, Porto 4050-313, Portugal	Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario, Instituto de Química de Rosario (IQUIR-CONICET), Suipacha 531, Rosario S2002LRK, Argentina	FI-TRACE group, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of the Balearic Islands, Carretera de Valldemossa km 7.5, E-07122 Palma de Mallorca, Spain
		Instituto de Química Rosario (CONICET-UNR), Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario, Suipacha 531, 2000 Rosario, Argentina			

Tabla V. La Categoría E se caracteriza por su origen sudamericano, la revista Chem. Analytica Acta, de QA, institutos que se repiten. La Categoría F se caracteriza por su origen sudamericano y europeo, dos revistas de QA, de, química aplicada, QA o química inorgánica, institutos que sólo se repiten con la Categoría E.

Finalmente, si analizamos los artículos que publicaron autores de países desarrollados, EEUU y China, encontramos otras dos categorías. La Categoría G (Tabla VI) contiene dos artículos que proviene exclusivamente de autores europeos, que publicaron en revistas de QA, pero que se sugiere una colaboración de tipo interdisciplinaria. En uno de ellos participa una empresa privada de análisis y monitoreo del riesgo ambiental (<http://www.amracenter.com/>). Por otro lado, la Categoría H (Tabla VI) presenta cuatro artículos provenientes de Europa, Norteamérica, Australia y China. Todos ellos publican en revistas de QA, y los institutos también lo son. Además, encontramos un artículo en el que participa una empresa farmacéutica con intereses ambientales (<http://www.pfizer.com/>)

CATEGORIA G			CATEGORIA H			
artículo	Concha-Grana2015	Mesquita2013	Fan2009	Hutchinson2012	Potka2013	Terborg2012
revista	JChromatography	Talanta	Analytica C A	Analytica C A	JChromatography	Analytica C A
país	Italia, España y Alemania	Portugal y España	China y EEUU	EEUU, RU y Australia	Polonia y Canadá	Australia y Alemania
institutos	Grupo Química Analítica Aplicada (QANAP), Instituto Universitario de Medio Ambiente (IUMA), Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas (CICA), Departamento de Química Analítica, Faculdade de Ciencias, Universidade da Coruña, 15071 A Coruña, Spain	CBQF-Centro de Biotecnología e Química Fina, Escola Superior de Biotecnologia, Centro Regional do Porto da Universidade Católica Portuguesa, R. Dr. António Bernardino de Almeida 4200-072 Porto, Portugal	School of Chemistry and Environmental Science, Henan Key Laboratory for Environmental Pollution Control, Key Laboratory for Yellow and Huai Rivers Water Environment and Pollution Control, Henan Normal University, Xinxiang, Henan 453007, PR China	Australian Centre for Research on Separation Science (ACROSS), School of Chemistry, Faculty of Science, Engineering and Technology, University of Tasmania, Private Bag 75, Hobart, Tas. 7001, Australia	Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, Gdańsk University of Technology (GUT), 11/12 G. Narutowicza St., 80-233 Gdańsk, Poland	Australian Centre for Research on Separation Science (ACROSS), University of Tasmania, Private Bag 75, Hobart, Tasmania 7001, Australia
	Department of Sciences and Technologies, University of Sannio, 82100 Benevento, Italy	Laboratório de Hidrobiologia e Ecologia, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar and CIIMAR/CIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Rua Jorge Viterbo Ferreira 228, 4050-313 Porto, Portugal	Department of Chemical & Petroleum Engineering, University of Wyoming, Laramie, WY 82071, USA	Pfizer Global R&D, La Jolla, CA, USA	Department of Chemistry, University of Waterloo, 200 University Avenue West, Waterloo, Ontario N2L 3G1, Canada	Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Physikalische Chemie (MEET), Corrensstraße 46, 48149 Münster, Germany
	Department of Cellular Biology and Ecology, Faculty of Biology, University of Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, Spain	Institute of Marine Research (CIIMAR), Porto, Portugal		Pfizer Global R&D, Groton, CT, USA		Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Corrensstraße 30, 48149 Münster, Germany
	BIOVIA Consultor Ambiental, Edificio Emprendia, Campus Vida, 15782 Santiago de Compostela, Spain	Department of Chemistry, University of the Balearic Islands, Carretera de Valldemossa km 7.5, E-07122 Palma de Mallorca, Spain		Pfizer Global R&D, Sandwich, Kent CT13 9NJ, United Kingdom		
	Dipartimento di Biologia, Università di Napoli Federico II, Campus Monte S. Angelo, Via Cintia 4, 80126 Naples, Italy	REQUIMTE, Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar, Universidade do Porto, 4099-003 Porto, Portugal				
	AMRA S.c.a.r.l., Via Nuova Agnano 11, 80125 Naples, Italy					
	Plant Biotechnology, Faculty of Biology, University of Freiburg, and BIOS Centre for Biological Signalling Studies, and FRIAS Freiburg Institute for Advances Studies, 79104 Freiburg, Germany					

Tabla VI. La Categoría G se caracteriza por su origen europeo, dos revistas de QA, pero en articulación con otras disciplinas, institutos que no se repiten, participan empresas. La Categoría F se caracteriza por ser de países desarrollados, China y/o EEUU, dos revistas de QA, pero en articulación con otras disciplinas, institutos que no se repiten, participan empresas.

En síntesis, de los 61 artículos que representa a los autores que más han aportado a la QV en el periodo estudiado, analizamos en detalle aproximadamente la mitad, es decir 29 artículos a modo de ejemplos. Dichos artículos fueron publicados en revistas relacionadas con la QA, con las dos que se vinculan los principios de la QV (*Journal of Molecular Liquids* y *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*) y uno sólo de QAL, en *Food Chemistry*. Entre ellos, encontramos casos en donde no hay articulación entre investigadores ni instituciones pero también encontramos situaciones en las que aparentan perfiles de trabajo interdisciplinar, articulación ente laboratorios, países y también con empresas de capitales privados.

No obstante, cabe destacar que ninguna de las publicaciones evaluadas en detalle hasta aquí pertenece a la revista que más aporta a la QO, y la que más publicaciones aportó al corpus en estudio, la revista *Tetrahedron*. Por esta razón, realizamos un último análisis detallado de las mismas. De los 49 artículos publicados en esta revista, sólo analizamos los 44 que pasaron el filtro mencionado anteriormente (ni *report* ni QV en TAK). Los mismos se agrupan en dos categorías. Una de ellas es la que corresponde a 40 artículos, cuyos autores provienen de un sólo país, a éste lo llamamos Categoría I. La otra categoría, nuclea a 4 artículos en el Categoría J, los se caracterizan por tener autores de diferentes países.

En la Categoría I (Tabla VII) encontramos que hay un sólo país de Latinoamérica, México, con sólo 2 publicaciones, mientras que de los demás países en vía de desarrollo, sólo encontramos a Irán y a Turquía, con sólo 1 y 2 publicaciones respectivamente. Por su parte, EEUU y Japón presentan sólo 3 artículos publicados, y de Europa, de una a 4 desde Polonia, Alemania, Reino Unido, España e Italia, pero Francia presenta 6. Finalmente, el país con más cantidad de publicaciones en este grupo es China, con un monto de 11 artículos. En la tabla que resume la información del grupo puede observarse la articulación entre grupos (letras de colores), la participación de instituciones estatales no educativas y de empresas privadas (fondo gris y celeste). Por otro lado, a partir de la información referida a las instituciones se observan publicaciones que parecen pertenecer exclusivamente a la QO, y otras en la que se destaca la participación de instituciones vinculadas a la salud de Irán, Turquía, Francia y China, y otras al petróleo y a la ingeniería o la industria de China y Japón y la de estamentos estatales de protección el ambiente como la E.P.A. de EEUU.

Por último, en la Categoría J (Tabla VIII) encontramos tres artículos en el que participan autores de instituciones estatales y uno en el que participa una empresa privada. Entre los tres mencionados, uno es de QO y bioquímica, en el que articulan autores chinos y estadounidenses, y los otros dos involucran aspectos de QS (farmacéuticos), donde articulan italianos y españoles en uno, e italianos, españoles y australianos en el otro. Finalmente, la publicación en que participa la empresa MERK (<http://www.merckgroup.com/en/index.html>) articulan alemanes y rusos de QO y QS (farmacéuticos).

Hasta aquí analizamos en detalle 73 artículos, es decir, casi la mitad de las 163 publicaciones estudiadas. Como mencionamos más arriba, en forma descriptiva, encontramos artículos provenientes de un único país, en los que hay o no articulación entre laboratorios, o de varios, además, la articulación se da tanto en la especificidad química, QO o QA, en la interdisciplinariedad o la aplicación hacia otras disciplinas.

Categoría I

Artículo	Gawin2010	Linsenmeier2015	Dekamin2013	Altug2014	Sayin2014a	Hernandez2011	Hernandez2012
País	Polonia	Alemania	Iran	Turquia	Turquia	Méjico	Méjico
Institutos	Institute of Organic Chemistry, Polish Academy of Sciences, Kasprzaka 44/52, 01-224 Warsaw, Poland	AbbVie Deutschland GmbH & Co. KG, Knollstraße, 67061 Ludwigshafen, Germany	Pharmaceutical and Biologically-Active Compounds Research Laboratory, Department of Chemistry, Iran University of Science and Technology, Tehran 16846-13114, Iran	Department of Chemistry, Abant İzzet Baysal University, TR-14280 Bolu, Turkey	Department of Chemistry, Selcuk University, Konya 42075, Turkey	Departamento de Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Apartado Postal 14-740, 07000 México D.F., Mexico	Departamento de Química, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Apartado Postal 14-740, 07000 México D.F., Mexico
	Faculty of Chemistry, Warsaw University of Technology, Noakowskiego 3, 00-664 Warsaw, Poland			Department of Medical Pharmacology, Faculty of Medicine, Abant İzzet Baysal University, TR-14280 Bolu, Turkey			
Artículo	Hawkins2013	Polshettiwar2010	Villhauer2009	Close2014	Grigg2009	Grigg2009a	
País	EEUU	EEUU	EEUU	R.U.	R.U.	R.U.	
Institutos	Department of Chemistry, Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN 37132, USA	Sustainable Technology Division, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, MS 443, Cincinnati, OH 45268, USA	Chemical and Analytical Development, Novartis Pharmaceuticals Corporation, East Hanover, NJ 07936, USA	Dept of Chemistry, School of Life Sciences, University of Sussex, Falmer, BN1 9QJ, UK	Molecular Innovation, Diversity and Automated Synthesis (MIDAS) Centre, School of Chemistry, University of Leeds, Woodhouse Lane, Leeds LS2 9JT, UK	Molecular Innovation, Diversity and Automated Synthesis (MIDAS) Centre, School of Chemistry, University of Leeds, Woodhouse Lane, Leeds LS2 9JT, UK	
				AstraZeneca, Mereside Alderley Park, Macclesfield, SK10 4TG, UK	Johnson Matthey, Orchard Road, Royston, Hertfordshire SG8 5HE, UK	Johnson Matthey, Orchard Road, Royston, Hertfordshire SG8 5HE, UK	
					Pfizer Ltd, Chemical Research and Development, Ramsgate Road, Sandwich, Kent CT13 9NJ, UK	Pfizer Ltd, Chemical Research and Development, Ramsgate Road, Sandwich, Kent CT13 9NJ, UK	
Artículo	Martínez-Asencio2012	Ruiz-Carretero2014	Salabert2013	DiMola2012	Lupatelli2015	Nardi2015	Carpita2010
País	España	España	España	Italia	Italia	Italia	Italia
Institutos	Instituto de Síntesis Orgánica (ISO), Universidad de Alicante, Apdo. 99, E-03080-Alicante, Spain	Área de Química Orgánica, Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas, Universidad de Castilla-La Mancha, E-13071 Ciudad Real, Spain	Department of Chemistry, Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, 08193 Barcelona, Spain	Dipartimento di Chimica e Biologia, Università di Salerno, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano (SA), Italy	Dipartimento di Scienze, Università degli studi della Basilicata, via dell'Ateneo Lucano 10, 85100, Potenza, Italy	Università della Calabria, Ponte P. Bucci 12 C, 87037, CS, Italy	Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, via Risorgimento 35, I-56126 Pisa, Italy
	Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Apdo. 99, E-03080-Alicante, Spain		Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante, Apdo. 99, E-03080-Alicante, Spain	Dipartimento di Scienze Farmaceutiche e Biomediche, Via Ponte Don Melillo, 84084 Fisciano (SA), Italy	Dipartimento di Scienze, Sezione di Nanoscienze e Nanotecnologie, Università di Roma 3, via della Vasca Navale 79, 00146, Roma, Italy	Università degli Studi della Magna Grecia Viale Europa, Germaneto, CZ, 88100, Italy	Chemical Development Department, GlaxoSmithKline Medicines Research Centre, via Fleming 4, I-37135 Verona, Italy
				DIST-Universita' del Piemonte Orientale, Viale T. Michel 11, 15121 Alessandria, Italy			
Artículo	Aupoix2010a	Bantreil2014	Diebold2013	Moussalem2012	Nun2011	Salome2014	
País	Francia	Francia	Francia	Francia	Francia	Francia	
Institutos	Laboratoire de Catalyse Moléculaire, Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay, UMR 8182, Université Paris-Sud 11, 91405 Orsay Cedex, France	Institut des Biomolécules Max Mousseron, UMR 5247 CNRS-UM I-UM II-ENSCM, Université Montpellier II, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France	Université de Haute Alsace, Institut de Science des Matériaux de Mulhouse, LRC-CNRS 7228, 15 rue Jean Starcky, F-68057 Mulhouse cedex, France	LUNAM Université, Université d'Angers, MOLTECH-Anjou UMR CNRS 6200, SCL group, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers cedex, France	Institut des Biomolécules Max Mousseron, UMR 5247 CNRS-UM I-UM II-ENSCM, Université Montpellier II, Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France	Laboratoire d'Innovation Thérapeutique, UMR 7200, Faculté de pharmacie, Université de Strasbourg, 74, route du Rhin, BP60024, 67401 Illkirch, France	
	UMR 8086, Institut Lavoisier-Franklin, Université de Versailles, 45, avenue des Etats-Unis, 78035 Versailles Cedex, France						
Artículo	Hatano2011	Kon2014	Marui2014	Chen2013	Chen2014	Chen2014a	Du2011
País	Japón	Japón	Japón	China	China	China	China
Institutos	School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa, Nagoya 464-8603, Japan	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Central 5 Higashi 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8565, Japan	Graduate School of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology, 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-0192, Japan	Shanghai Research Center for Modernization of Traditional Chinese Medicine, Shanghai Institute of Materia Medica, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201203, PR China	College of Chemistry and Materials Engineering, Wenzhou University, Chashan University Town, Wenzhou, Zhejiang Province 325035, People's Republic of China	School of Petrochemical Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, PR China	Key Laboratory of Eco-Environment Related Polymer Materials of Ministry of Education, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, PR China
	Japan Science and Technology Agency (JST), CREST, Furo-cho, Chikusa, Nagoya 464-8603, Japan	Chemical Resources Laboratory, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan	Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531, Japan		College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang Province 321004, People's Republic of China	Jiangsu Laboratory of Advanced Functional Material, School of Chemistry and Materials Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu 215500, PR China	Key Laboratory of Polymer Materials of Gansu Province, College of Chemistry and Chemical Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, PR China
Artículo	Huang2013	Li2014	Liu2013	Liu2013c	Wu2010	Yan2014	Yang2013
País	China	China	China	China	China	China	China
Institutos	School of Chemistry and Chemical Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, PR China	College of Chemistry and Chemical Engineering, Northwest Normal University, East Anning Road 967, Lanzhou, Gansu 730070, PR China	School of Life and Environmental Sciences, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, People's Republic of China	State Key Laboratory of Natural and Biomimetic Drugs, School of Pharmaceutical Sciences, Peking University, No. 38 Xueyuan Road, Haidian District, Beijing 100191, PR China	Key Laboratory of Polymer Materials of Gansu Province, Key Laboratory of Eco-Environment-Related Polymer Materials Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, People's Republic of China	State Key Laboratory of Applied Organic Chemistry, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China	Institute of Physical Chemistry and Industrial Catalysis, Hubei Key Laboratory of Material Chemistry and Service Failure, School of Chemistry and Chemical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, 1037 Luoyu road, Hongshan District, Wuhan 430074, China
			Key Laboratory for the Chemistry and Molecular Engineering of Medicinal Resources, Ministry of Education of China, School of Chemistry & Chemical Engineering of Guangxi Normal University, Guilin 541004, People's Republic of China			Key Laboratory of Nonferrous Metal Chemistry and Resources Utilization of Gansu Province, China	State Key Laboratory for Oxidation and Selective Synthesis, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Lanzhou 730000, China
						Jin chuan Group Co., Ltd, Jinchang 737104, China	

Tabla VII. La Categoría I se caracteriza por ser de la revista de *Tetrahedron* y de un único país, la mayoría de universidades, algunas empresas, y otro tipo de laboratorios estatales.

Grupo J.

Artículo	Wang2011a		Kryshnal2011	
País	China	EEUU	Alemania	Rusia
Institutos	School of Chemistry and Chemical Engineering, Laboratory of Green Synthetic Chemistry for Functional Materials, Xuzhou Normal University, Xuzhou 221116, Jiangsu, PR China	Department of Chemistry and Biochemistry, Texas Tech University, Lubbock, TX 79409-1061, USA	Merck KGaA, PC-RL, Frankfurter Strasse 250, D-64293 Darmstadt, Germany	N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Russian Academy of Sciences, 47 Leninsky prosp., Moscow 119991, Russia

Artículo	Staderini2013		Pace2011		
País	Italia	España	Italia	España	Austria
Institutos	Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Università di Bologna, Via Belmeloro 6, Bologna, Italy	Departamento de Química Orgánica y Farmacéutica, Universidad Complutense, 28040 Madrid, Spain	Department of Pharmaceutical Chemistry, Pharmaceutical Biocatalysis Laboratories, University of Pavia, Via Taramelli 12, 27100 Pavia, Italy	Biotransformations group, Organic and Pharmaceutical Chemistry Department, Pharmacy Faculty, Complutense University, Pza. Ramón y Cajal s/n, 28040 Madrid, Spain	Department of Drug and Natural Products Synthesis, University of Wien, Althanstrasse 14, 1090 Wien, Austria
				Industrial Biotransformations Service, Scientific Park of Madrid, C/Santiago Grisolia 2, Tres Cantos, 28760 Madrid, Spain	

Tabla VIII. La Categoría I se caracteriza por ser de la revistas de *Tetrahedron* y de varios países, 1 de universidades y una empresa.

En síntesis, en este apéndice comenzamos analizando los países en que se originaron aquellas publicaciones (61 en total) en las que se presentan los autores que más han abonado a la producción de conocimiento en QV en dicho período. Los resultados determinaron que en el 80% de los casos destacados las publicaciones provienen de un único país, siendo los países de diferente reconocimiento ante la comunidad científica internacional (según índice H). El resto presenta articulación entre países, tanto de Sudamérica, Europa, exclusivamente, o en conjunto con EEUU o Australia, o combinados entre continentes. Asimismo encontramos en los casos analizados Brasil e Irán, en su mayoría sugieren trabajos interdisciplinarios, gracias a la colaboración entre laboratorios, institutos o facultades. Sin embargo, este no es lo que ocurre para las publicaciones de nuestro país, puesto que se limitan a la QA.

Respecto a la cooperación entre países de una misma región, para la nuestra, encontramos que, en general, no encontramos casos en los que haya vinculación entre instituciones químicas y de otras disciplinas, al igual que en los casos en que cooperan países sudamericanos con europeos. Finalmente, en los artículos que publicaron autores de países desarrollados, EEUU y China, también sólo en algunos casos de articulación entre disciplinas.

Lo dicho hasta aquí sugiere que, al analizar en detalle **algunos artículos** provenientes de los autores que más han aportado a la QV, encontramos que éstos han sido publicados en revistas relacionadas con la QA en su mayoría, en las dos que se vinculan los principios de la QV (*Journal of Molecular Liquids* y *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*) y una de alimentos. Entre ellas encontramos trabajos de tipo interdisciplinario como exclusivamente que QA, pocas presentan articulación con empresas de capitales privados.

Por otro lado, realizamos un análisis de las publicaciones de QO, de la revista *Tetrahedron*. Encontramos que el 90% provienen de autores de un sólo país, la mayoría de países desarrollados y China. Entre ellas se presentan laboratorios químicos y en algunos, la participación de instituciones vinculadas a la salud y otras al petróleo y a la ingeniería o la industria de, la participación de estamentos estatales de protección el ambiente como la E.P.A. de EEUU, y una importante participación de empresas privadas.